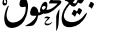
كيمياء الأغذية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

استناداً إلى قرار مجلس الإفتاء رقم 2001/3 بتحريم نسخ الكتب وبيعها دون إذن المؤلف والناشر.
وعملاً بالأحكام العامة لحماية حقوق الملكية الفكرية فإنه لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات أو نقله أو استنساخه بأي شكل من الأشكال دون إذن خطي مسبق من الناشر.

دار المناهج للنشر والتوزيع

الطبعة الأولى



All Rights Reserved

1428 هـ - 2008 م

Dar Al-Manahej
Publishers & Distributors
Amman-King Hussein Str. Telefax: 00962 6 4650624
P.O.Box: 215308 Amman 11122 Jordan

عمان ـ الأردن ـ شارع الملك حسين بناية الشركة المتحدة للتأمين
هاتف 4650624 فاكس 4650624 (009626)
ص.ب. 215308 عمان 11122 الأردن

www.daralmanahej.com
e-mail: info@daralmanahej.com
sales@daralmanahej.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

كيمياء الأغذية

تأليف
د. أيمن سليمان مزاهرة
د. جهاد محمد قاســـم
جامعة البلقاء التطبيقيـــة

دار المناهج للنشر والتوزيع

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

بسم الله الرحمن الرحيم

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائـرة المكتبات والوثائق الوطنية
2007/4/1134

547.3
مزاهرة ، أيمن
كيمياء الأغذية / أيمن سليمان مزاهرة
عمان: دار المناهج ، 2006
( ) ص
ر.إ: 2007/4/1134
الواصفات: الكيمياء الحيوية / التغذية / الكيمياء العضوية

* تم إعداد بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

رقم الإجازة المتسلسل لدى دائرة المطبوعــات والنشر	2007/4/1237

كيمياء الأغذية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تأليف

د. أيمن سليمان مزاهرة

د. جهاد محمد قاســـم

جامعة البلقاء التطبيقيـــة

دار المناهج للنشر والتوزيع

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المحتويات

المقدمة 7
نظرة عامة 9
الماء 9

الوحدة الأولى

الكربوهيدرات

مقدمة 15
أهمية الكربوهيدرات 15
التركيب الكيميائي للكربوهيدرات 16
الصيغة الثنائية للكربوهيدرات 17
السكريات الأحادية 20
التركيب الحلقي للسكريات الأحادية 22
السلسلة المفتوحة للجلوكوز 22
الخواص الكيميائية 25
الخواص الفيزيائية 34
السكريات 44
النشا 52
الجل 58
الجلايكوجين 65

الوحدة الثانية

البروتينات

مقدمة 69
التركيب الكيميائي 70
الأحماض الأمينية والرابطة البيتيدية 70
تقسيم البروتينات 84
الخواص الكيميائية والفيزيائية للأحماض الأمينية 92
خصائص البروتينات الفيزيائية والكيميائية 100
تغير طبيعة البروتينات 102
الأنزيمات 106

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الوحـــدة الثـــالثة

الليبيدات
الشحوم، الدهون، الزيوت

مقدمة 117
الرابطة الأسترية 117
أهمية الليبيدات 118
أقسام الأحماض الدهنية 118
تسمية الأحماض الدهنية 122
الجليسرول 127
الخواص الفيزيائية والكيميائية 128
تصنيف الدهون 135
فساد الزيوت والدهون 147
التنرنج التحليلي 153

الوحـــدة الرابعة

الألوان في الأغذية

مقدمة 169
الألوان الطبيعية 169
الكاروتينات 170
الكلوروفيل 175
التلون البني (الإسمرار) 179
المايوجلوبين 185

الوحـــدة الخـــامسة

المواد المضافة

المواد الحافظة 189
المواد المضادة للأكسدة 190
المواد المثبتة والمستحلبة 191
المواد المحلية الاصطناعية 192
الإضافات المغذية 193
النكهة 194
المواد المسارعة في النكهة 195

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مقدّمة

تعد الدراسة العملية لكيمياء الأغذية حديثة نسبيا، فالعالم الذي نعيش به يحتوي على نوعين أساسيين من المادة:

الأول هو المادة غير الحية **Inanimate matter** والثاني هو المادة الحية Living Matter والتي بدورها تقسم إلى مجموعتين رئيسيتين: الأولى تسمى كائنات حية ذاتية التغذية والمجموعة الثانية كائنات حية غير ذاتية التغذية وهي كائنات لا تتمكن من البقاء أو النمو أو التكاثر دون غذاء **Food** تحصل عليه من مصادر مختلفة. والأغذية التي نتناولها عبارة عن خليط معقد جدا من عدة آلاف من المواد الكيماوية المتنوعة وهي التي سنحاول إلقاء المزيد من الضوء عليها.

ويهدف هذا الكتاب إلى تعريف القارئ والقارئة الباحث والباحثة على الكربوهيدرات، البروتينات، الزيوت والدهون، الألوان في الأغذية والمواد المضافة، حيث يتم التعريف على التركيب الكيميائي والتفاعلات الكيميائية والحيوية والتفاعلات الأنزيمية وغير الأنزيمية التي تحدث في الأغذية وتأثير عمليات التصنيع الغذائي على هذه التفاعلات.

وإن محتويات هذا الكتاب ومفرداته جاءت لتتمشى مع خطة كيمياء الأغذية التي تدرس في جامعة البلقاء التطبيقية والكليات الجامعية التابعة لها لتخصص تكنولوجيا الأغذية وتخصص التغذية والتصنيع الغذائي وبشكل شامل ووافٍ يسهل على الطالب الحصول على المعلومات العلمية والتطبيقات العملية بكل سهولة ويسر.

آملين من الله التوفيق

المؤلفان

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

نظرة عامة

المـــاء Water

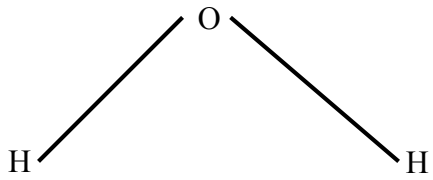
يعد الماء أحد المكونات الأساسية للعديد من الأغذية. فقد يوجد داخل الخلايا، أو خارجها أو كمذيب أو كوسط للانتشار أو الاستحلاب...الخ، وقد يكون أحد المكونات الثانوية لبعض المنتجات، ونظرا لأهمية الماء كأحد مكونات الأغذية فإن لدراسته أهمية كبرى. لذلك فإن دراسة الماء في الأغذية تكمن إلى حد كبير في دراسة المحاليل المائية وكيف أن المواد المذابة فيها تغير الصفات الفيزيائية للمذيب. إذ أن إزالة الماء من الأغذية وإضافة المواد المذابة كالملح والسكر إلى الأغذية تؤدي إلى إطالة حفظها.

إن المعايير المتعلقة بالماء والتي تستعمل في دراسة ثباتية الأغذية تشمل:

1. المحتوى المائي Water Content.
2. تركيز المواد المذابة والضغط الأسموزي ورطوبة التعادل النسبية Equilibrium Relative Humidity.
3. الفعالية المائية Water Activity.

وتكون جزئية الماء غير مستقيمة قطبية وتحتوي على ذرة أوكسجين مرتبطة تساهميا بذرتي هيدروجين.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



الماء مركب ذو صفات فريدة مقارنة بالسوائل الأخرى:

1. له درجة غليان أعلى مقارنة بمواد أخرى لها وزن جزيئي مماثل.
2. له درجة انصهار أعلى مقارنة بمواد أخرى لها وزن جزيئي مماثل.
3. له درجة حرارة نوعية عالية، ودرجة حرارة كامنة للانصهار، ودرجة حرارة تبخر عالية. وقد يفسر ذلك لقوة الروابط الهيدروجينية بين جزئيات الماء.

ويعد الماء أساسيا ومهما للوظائف الاعتيادية للخلايا، فهو مادة غذائية ضرورية للخلايا الحية ويشكل الماء 75٪ من الكتلة الحية ويلعب الماء دورا مهما في تهيئة الظروف المناسبة للنشاط الحيوي حيث يشكل الوسط المناسب لسير العمليات الحيوية التي تؤدي إلى استمرار الحياة.

ويتكون جسم الإنسان من 65٪ ماء، 16٪ بروتين و 10٪ كربوهيدرات و 5٪ دهون، 4٪ أملاح معدنية، ويشكل الماء الموجود داخل الخلايا ثلثي كمية الماء الكلية الموجودة في الكائنات الحية.

وظائف الماء الحيوية

1. يعتبر الماء إلى جانب غيره من المركبات أساسيا في تكوين البناء الداخلي للخلية، فهو أساس في تكوين الدم والسائل الليمفاوي والسائل النخامي وإفرازات الجسم والحليب والمخاط والسوائل الموجودة في المفاصل.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2. يؤدي الماء وظائف النقل في الجسم لقدرته على الحركة ولقدرته على إذابة عدد كبير من المركبات العضوية والغير عضوية، وينقل المواد من خلال الجهاز الدوري والليمفاوي، كما أنه يؤدي وظيفة إخراج نواتج الهدم من الجسم عن طريق البول والعرق والبراز. فهو البيئة التي يحدث بها الكثير من العمليات الحيوية في الجسم.
3. يساهم في بعض التفاعلات الكيميائية في خلايا الجسم مثل تفاعلات التحليل المائي والأكسدة ونزع الماء.
4. مهم لتنظيم وتعديل درجة حرارة الجسم، حيث التوصيل الحراري الجيد للماء وامتصاصه للحرارة خلال عملية تبخره يشكل الأساس للمحافظة على درجة حرارة الجسم بشكل ثابت في أوقات الصحة.
5. الماء وسط متعادل الحموضة، لذلك فهو يعمل وسطا للتفاعلات والعمليات الحيوية التي تحدث في الخلايا، ويعمل على توازن الحموضة والقلوية للجسم.
6. يرطب الماء المفاصل والأغشية المخاطية و يحمي الجنين في رحم أمه من الصدمات الخارجية، ويلعب دورا خاصا للمحافظة على النظافة. والمساعدة في عمليات المضغ والبلع والهضم، وهو ضروري لعمليات الرؤية والسمع.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1

الوحدة الأولى

الكربوهيدرات

Carbohydrates

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الوحدة الأولى
الكربوهيدرات

مقدمة

الكربوهيدرات عبارة عن مركبات عضوية تحتوي على كربون وهيدروجين وأكسجين حيث يوجد الأكسجين والهيدروجين بنفس النسبة الموجودة في الماء.

وتعرف الكربوهيدرات أيضاً بأنها عبارة عن ألدهيدات متعددة الهيدروكسيل أو كيتونات متعددة الهيدروكسيل وعند تحلل الكربوهيدرات تنتج هذه المواد أيضاً.

أهمية الكربوهيدرات

1. تعتبر مصدراً للطاقة حيث أن كل (1غم) من الكربوهيدرات يعطي 4 سعرات حرارية تقريباً.
2. تعتبر مخزناً للطاقة، حيث يقوم جسم الإنسان والحيوان بتخزينها على شكل جلايكوجين في الكبد، وتخزن في جنين الحبوب على شكل نشا.
3. يمنع السليلوز خاصة والكربوهيدرات عديدة التسكر عامة حدوث الإمساك، وتقي أيضاً من أمراض العصر مثل السرطان والسكر وأمراض القلب.
4. تشكل 70٪ من وزن النبات الجاف. وهي تشكل الجزء الرئيسي لجدار الخلية.
5. تدخل في تركيب كثير من المكونات الحيوية للخلايا الحية، وفي تركيب فيتامين B_2.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

التركيب الكيميائي للكربوهيدرات

تقسم الكربوهيدرات حسب وحدات السكر إلى:

1- **سكريات أحادية Monosaccharide:** وهي سكريات بسيطة ولا يمكن أن تتحلل إلى جزئيات أبسط منها مثال: الجلوكوز والفركتوز.

وعند اتحاد سكرين أحاديين فقط فإنه يسمى سكريات ثنائية Disaccharides ويتم ذلك عن طريق تكوين رابطة جلوكوسيدية. مثال: مالتوز وسكروز، ولاكتوز.

2- **سكريات متعددة التسكر Oligosaccharides:** وهي سكريات تحتوي على 2-10 وحدات من السكريات الأحادية.

$$\text{Disaccharides} \xrightarrow{\text{hydrolysis}} 2\ \text{Monosaccharide}$$

3- **سكريات عديدة التسكر Polysaccharides:** وهي سكريات تحتوي على أكثر من 10 وحدات من السكريات الأحادية. مثال: النشا والسليلوز.

$$\text{Polysaccharides} \xrightarrow{\text{hydrolysis}} \text{Many Simple Sugars}$$

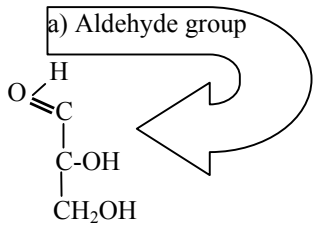
وتقسم الكربوهيدرات أيضاً حسب عدد ذرات الكربون إلى ما يأتي:

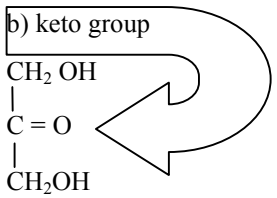
1- سكريات ثلاثية (Trioses) والصيغة العامة لها $C_3H_6O_3$ وتشتمل على 3 ذرات كربون مثل:

أ) الجليسر الدهيد (Glyceraldehyde).

ب) اسيتون ثنائي الهيدروكسيل (Dihydroxy acetone).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com





2- سكريات رباعية Tetroses والصيغة العامة $C_4H_8O_4$ وتحتوي على 4 ذرات كربون مثل:

أ) Erythrose تحتوي على مجموعة ألدهيد.

ب) Erythulse تحتوي على مجموعة كيتون.

3- سكريات خماسية Pentoses والصيغة العامة $C_5H_{10}O_5$ وتحتوي على 5 ذرات كربون مثل:

أ) Ribose تحتوي على مجموعة ألدهيد، Aldopentoses.

ب) Xylose تحتوي على مجموعة ألدهيد.

4- سكريات سداسية Hexoses والصيغة العامة $C_6H_{12}O_6$ وتحتوي على 6 ذرات كربون مثل:

أ) جلوكوز Glucose تحتوي على مجموعة ألدهيد، Aldohexoses.

ب) فركتوز Fructose تحتوي على مجموعة كيتون، Ketohexoses.

ج) جالاكتوز Galactose تحتوي على مجموعة ألدهيد، Aldohexoses.

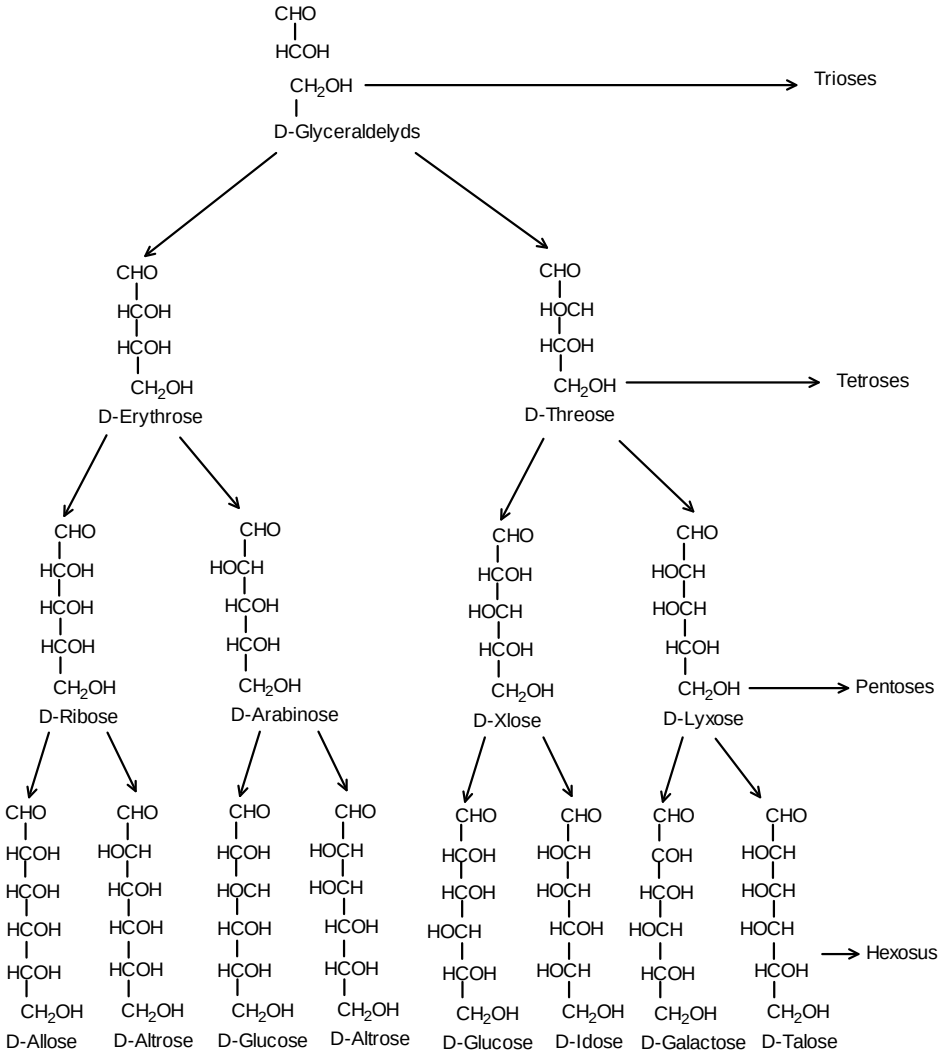
د) مانوز Mannose تحتوي على مجموعة ألدهيد، Aldohexoses.

5- سكريات سباعية Heptoses والصيغة العامة $C_7H_{14}O_7$ وتحتوي على 7 ذرات كربون مثل: الهبتلوز Heptulose.

الصيغة الثنائية للكربوهيدرات

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

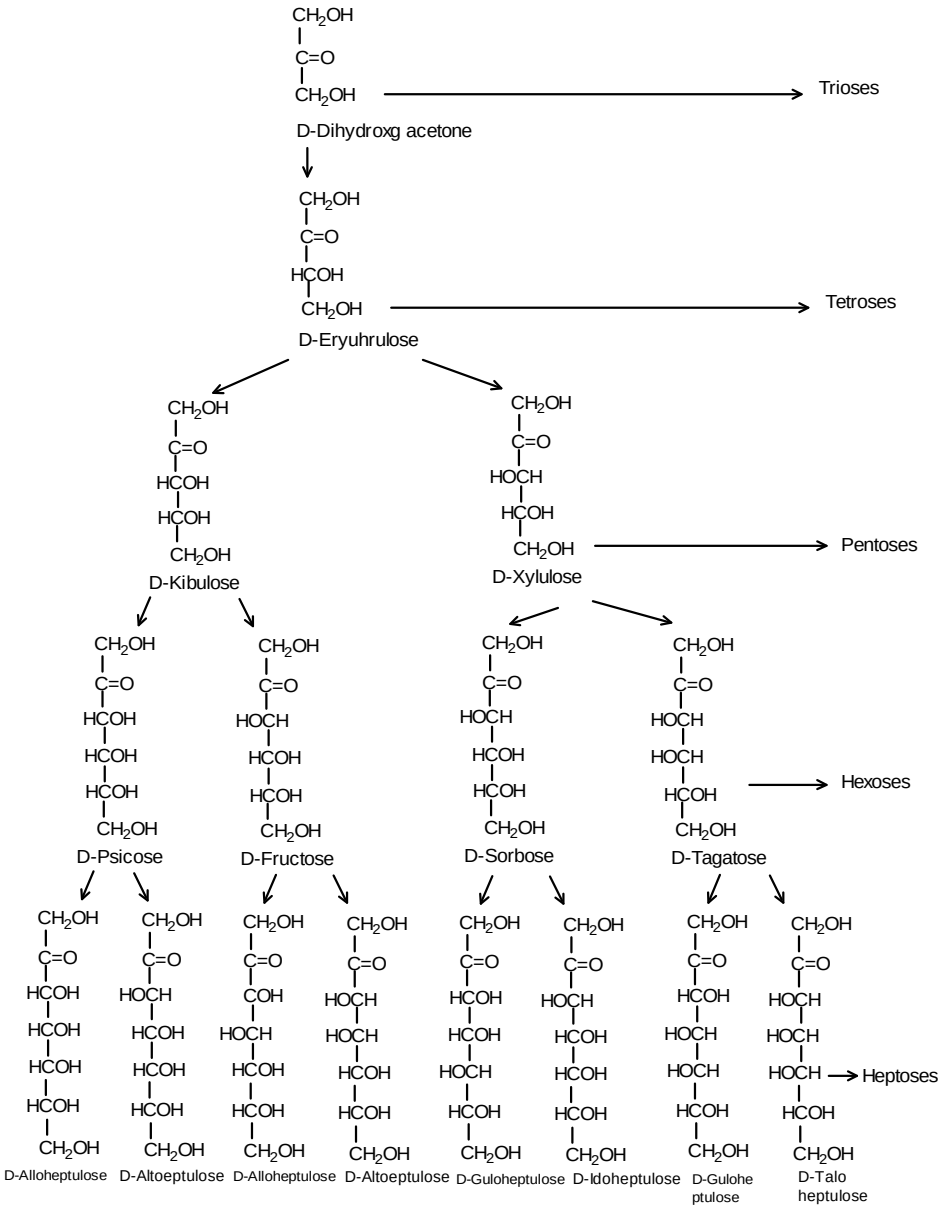
يوضح تراكيب السكريات العضوية على مجاميع الدهيد والواقعة ضمن الـ D-Series أما السكريات الواقعة ضمن L-series فتكون عبارة عن صورة مرآة للتراكيب التالية:



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

أما الشكل التالي فيوضح تراكيب السكريات المحتوية على مجاميع ضـمن الــ D-Series

أما تراكيب السكريات الواقعة ضمن الـ L-series فتكون على صورة مرآة للتراكيب التالية:



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

السكريات الأحادية

تتكون من وحدة واحدة من السكر الأحادي لا يمكن تحللها مائيا تحت الظروف المعتدلة إلى وحدات أصغر وتحتوي من 2 إلى 10ذرات كربون لكل جزيء وتسميتها العامة حسب ما يحتويه كل جزء من ذرات الكربون.

والصيغة الكيميائية العامة لها $(CH_2O)n$ أو CnH_2nO_2.

الرمز الكيميائي	اسم السكر	عدد الكربون	العدد اليوناني
$C_2H_4O_2$	Diose	2	Di
$C_3H_6O_3$	Triose	3	Tri
$C_4H_8O_4$	Tetrose	4	Tetra
$C_5H_{10}O_5$	Pentose	5	Penta
$C_6H_{12}O_6$	Hexose	6	Hexa
$C_7H_{14}O_7$	Heptose	7	Hepta
$C_8H_{16}O_8$	Octose	8	Octa
$C_9H_{18}O_9$	Nonose	9	Nona
$C_{10}H_{20}O_{10}$	Decose	10	Deca

تحتوي السكريات الأحادية على مجاميع هيدروكسيلية كما أنها تحتوي على مجموعة ألدهيدية لمجموعة فعالة ويطلق على هذه السكريات (Aldoses) مثل الجالاكتوز أو تحتوي على مجموعة كيتونية لمجموعة فعالة مثل الفركتور ويطلق عليها (Ketoses).

وتقسم السكريات الأحادية حسب التوزيع الفراغي إلى:

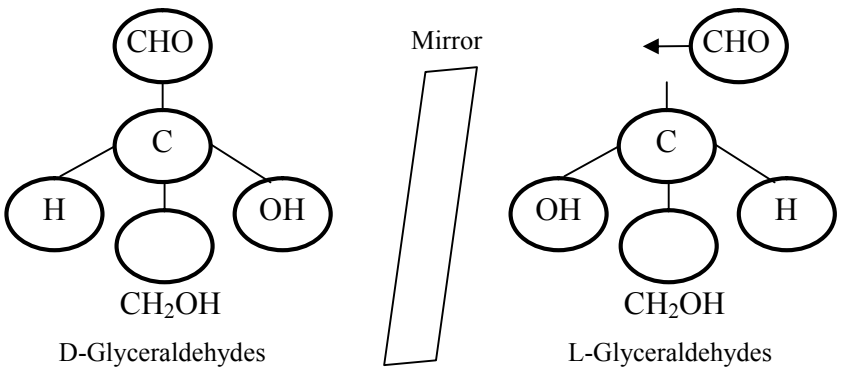
1- D-Sugar
2- L-Sugar

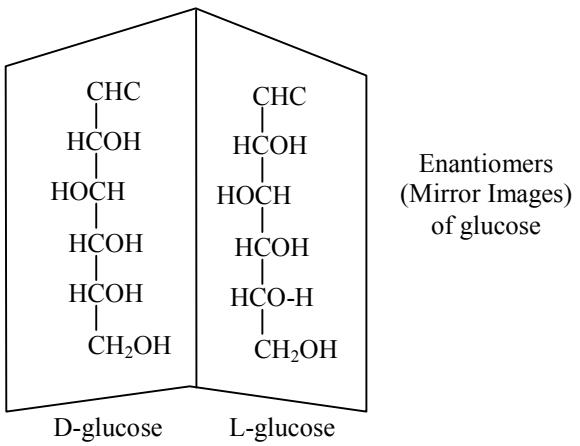
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وذلك حسب وضع مجموعة الهيدروكسيل حول ذرة الكربون الواقعة ما قبل ذرة الكربون الأخيرة وهي ذرة الكربون الخامسة في Hexoses، وذرة الكربون الرابعة في Pentoses، وذرة الكربون الثالثة في Tetroses، وذرة الكربون الثانية في Trioses.

فإذا كانت مجموعة الهيدروكسيل (-OH) على يمين ذرة الكربون ما قبل الأخيرة (-CH_2OH) يدعى السكر D-Sugar وإذا كانت على اليسار يدعى السكر L-Sugar.

مثال: Mirror image of glycerin

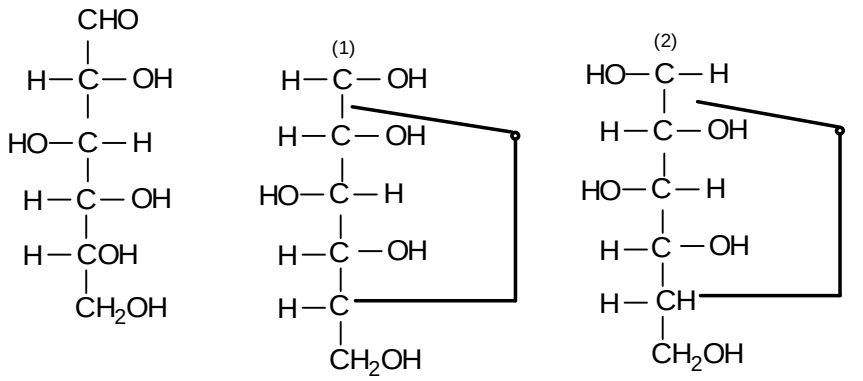




PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

التركيب الحلقي للسكريات الأحادية

Ring Structure of Cyclic Forms of Monosaccharide



D-glucose ∝-D-glucose Pyranose β-D-glucose Pyranose

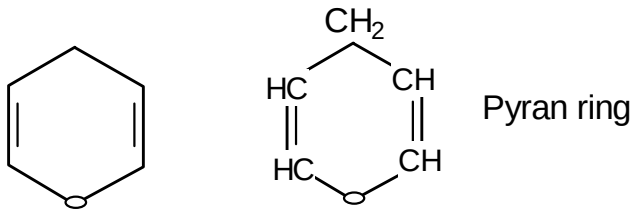
السلسلة المفتوحة للجلوكوز

نلاحظ في الأشكال الحلقية، أنه إذا اتصلت مجموعة (-OH) المتصلة بذرة الكربون رقم (1) على اليمين فإننا نحصل على ∝-D-glucose، أما إذا كانت موجودة على اليسار فإنها تسمى β-D-glucose.

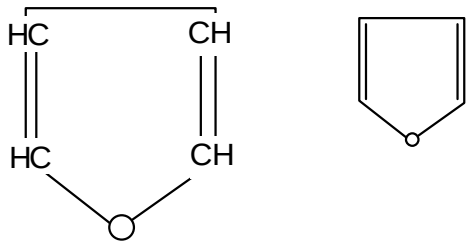
وتتكون الأشكال الحلقية نتيجة لارتباط المجموعة الألدهيدية على ذرة الكربون رقم (1) ومجموعة الهيدروكسيل (-OH) على ذرة الكربون رقم (5) أو رقم (4).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ولو حدث الارتباط مع مجموعة الهيدروكسيل (-OH) الخاصة بذرة الكربون رقم (5) فإننا سنحصل على حلقة سداسية تشبه حلقة Pyran ولهذا فإن السكر يعرف بالبيرانوز (Pyranose ring).



أما إذا حدث الارتباط مع مجموعة الهيدركسيل (-OH) على ذرة الكربون رقم (4) فإننا سنحصل على حلقة خماسية تشبه حلقة الفيوران (Furan) وفي هذه الحالة سمي السكر فيورانوز (Furanose).



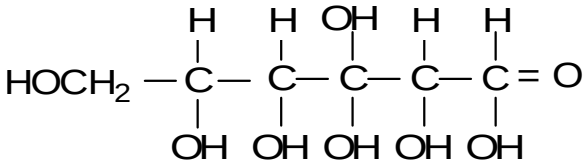
صيغة هاورث Haworth Formula

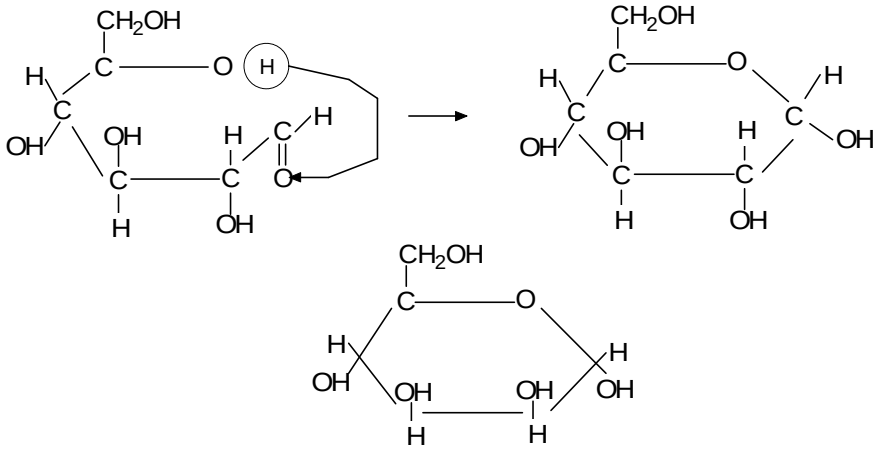
وتستخدم هذه الصيغة لتوضيح وتقديم الصورة الحلقية للسكريات كالآتي:

1- السلسلة المفتوحة Open Chain

1-D-glucose

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

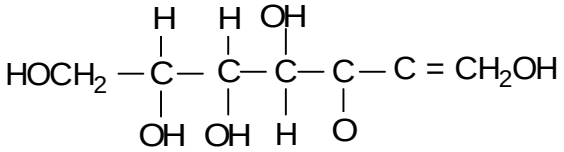




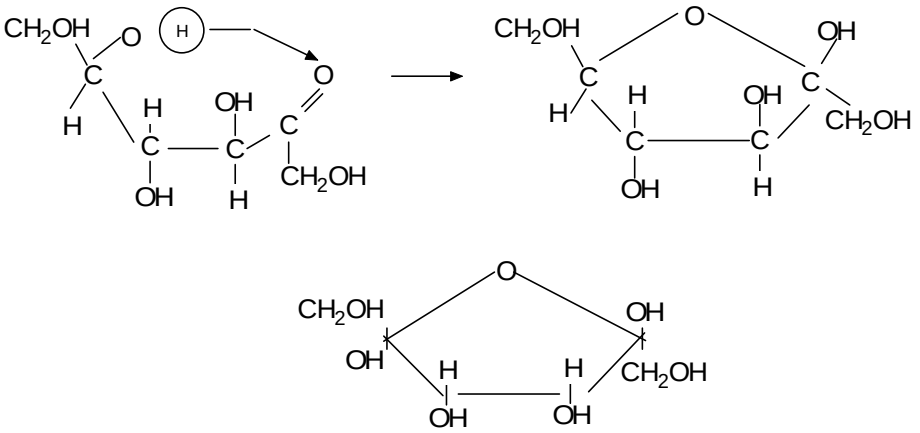
Haworth formula of D-Glucose

2- السلسلة المفتوحة (Open Chain)

2-D-Fructose



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

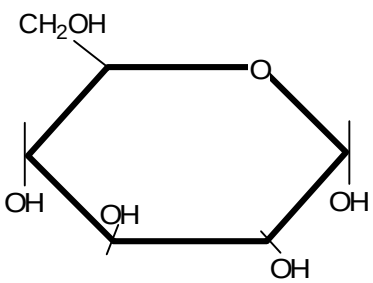


Cyclic Structure of D-Fructose

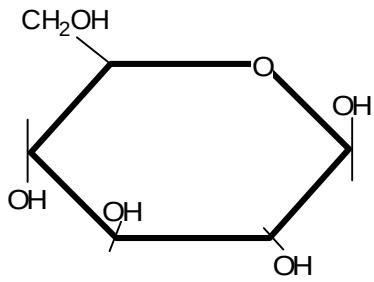
في السكريات السداسية الألدهيدية تتصل ذرة الكربون رقم (1) بمجموعة (OH-) إما على الوضع ∝ أو β ولهذا فإن ذرة الكربون رقم (1) تسمى بذرة الكربون الأنومارية Anomeric Carbon Atom ويسمى الشكلين ∝ ، β بالأنومرز Anomers.

وفي حالة السكريات الكيتونية مثل الفركتوز فإن ذرة الكربون الأنومارية هي ذرة الكربون رقم (2) لأن مجموعة (OH-) المحددة الشكل ∝ ، β تتصل بها.

وفي المركب الحلقي إذا كانت (OH) على ذرة الكربون الأنومارية إلى أسفل فإن المركب يكون ∝ أما إذا كانت إلى أعلى فيسمى المركب β.



∝-D(+) glucose



β-D(-) glucose

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الخواص الكيميائية

تفاعلات الجلوكوز الرئيسية:

1- تأثير الأحماض Effect of acids

لا تتأثر السكريات الأحادية عند تعرضها لأحماض معدنية خفيفة ساخنة.

أ) حمض الفوسفوريك Phosphoric acids.

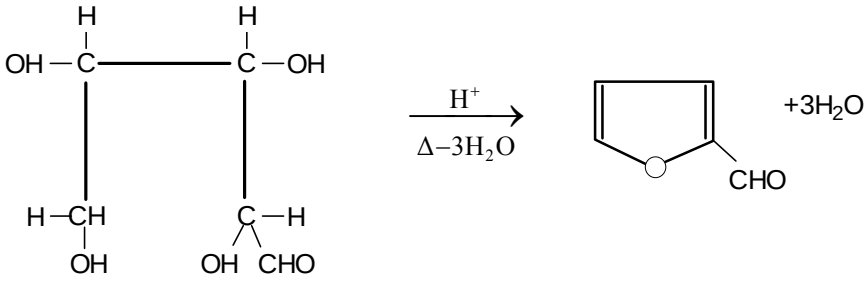
سكر أحادي + H_3PO_4 ← فوسفات أستر.

ب) حمض الكبريتيك (H_2SO_4) Sulphuric acid.

ينزع الماء من السكر الأحادي معطياً مادة تسمى الفورفورال (Furfural) وهي ذات أهمية كبرى في التقديرات الكمية الكربوهيدراتية والتفريق بين السكريات الخماسية والسداسية.

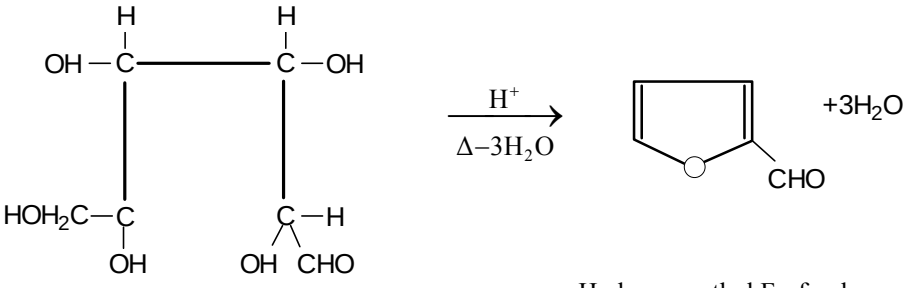
$$\text{Hexoses} \xrightarrow{-3H_2O} \text{Hydroxy Methyl Furfural}$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



سكر خماسي (Pentose)

Furfural



سكر سداسي Hexoses

Hydroxy methyl Furfural

2- تأثير القلويات Effect of Alkalies

(تعمل على تحويل سكر أحادي إلى سكر أحادي مشابه آخر) أما التركيزات المرتفعة من القلويات فقد تؤدي إلى تفتيت الجزئ إلى جزيئات أصغر.

أما إذا ترك الجلوكوز في محلول قلوي مخفف عدة أيام بدون تسخين فإنه يتكون مخلوط من الجلوكوز والمانوز حيث تتكون الصورة الأينولية من الجلوكوز والتي تتحول إلى فركتوز أو مانوز.

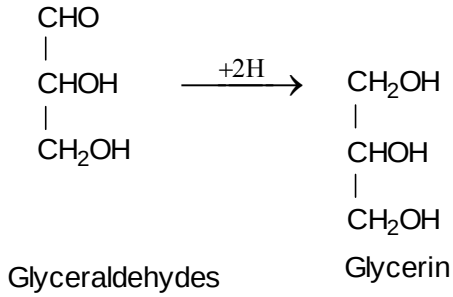
3- الاختزال Reduction

أ- عند اختزال المجموعة الكربونية (الألدهيدية أو الكيتونية) ينتج الكحولات.

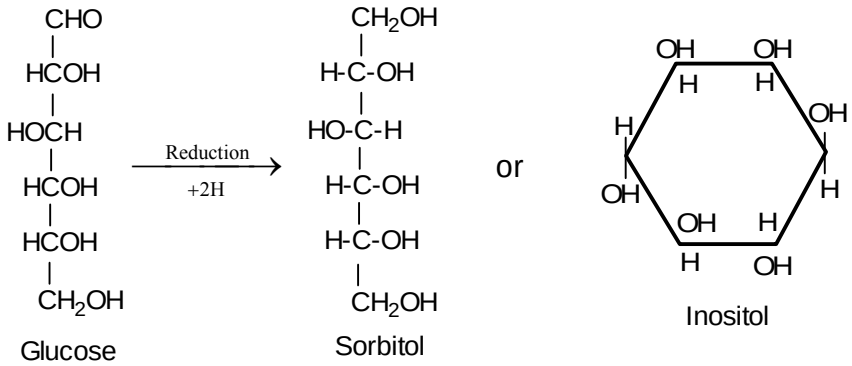
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$\text{Manosdccharides} \xrightarrow[\text{Reduction}]{\text{اختزال}} \text{Alcohol}$$

تبعاً لمعادلة الاختزال العامة وهي:



$$\text{Manosaccharides} \xrightarrow[+2H]{\text{Reduction}} \text{sorbitol or Inositol}$$



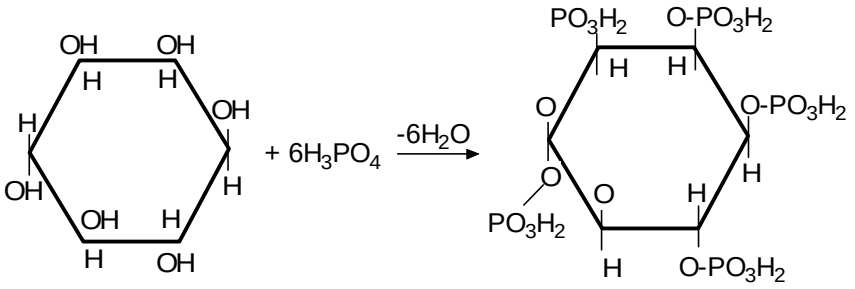
- الأنيوزيتول Inositol

عبارة عن مركب حلقي مشتق من الجلوكوز نتيجة تحول مجموعة ألدهيدية إلى كحول ثانوية:

وهو يوجد في العضلات لذلك يسمى بسكر العضلة (Muscle Sugar) ويعتبر أحد فيتامينات مجموعة B.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وبسبب طبيعته الكحولية فإنه يكون استر مع حامض الفوسفوريك يسمى حامض الفيتيك Phytic acid.



- حامض الفيتيك Phyticacid

أ- ومن أهم خواص هذا الحامض قدرته على تكوين املاح غير ذائبة مع Ca^{+2} , Mg^{+2} في الأمعاء تسمى phytate وبذلك تحد من امتصاص تلك العناصر في الأمعاء.

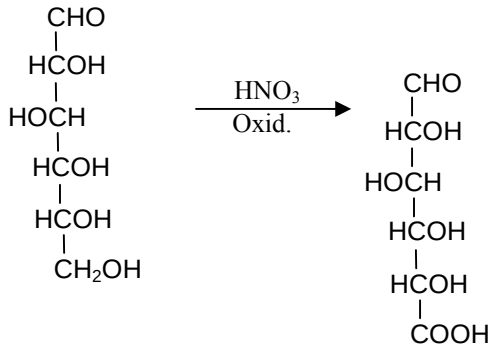
والفركتور يختزل إلى سوربيتول Sorbitol ومانيتول Manitol والجالاكتوز يختزل إلى Galactitol.

ب- عند اختزال المجموعة الهيدروكسيلية (-OH) تنتج السكريات منزوعة الأكسجين Deoxysugars مثال: الرايبوز Ribose يتحول إلى (2-deoxyribose) وهي تدخل في تركيب DNA.

4- التأكسد Oxidation

أ- أكسدة المجموعة الكحولية المرتبطة بذرة الكربون رقم (6) ينتج عنها أحماض يورونية (Uranic acids) وذلك بتحول مجموعة الكحول إلى مجموعة كربوكسيل ويسمى الحامض الناتج باسم السكر المؤكسد بعد استبدال المقطع (أوز Ose) بالمقطع (-يورونك Uronic) فيتأكسد الجلوكوز إلى حامض (جلوكويورونيك Glucouronic).

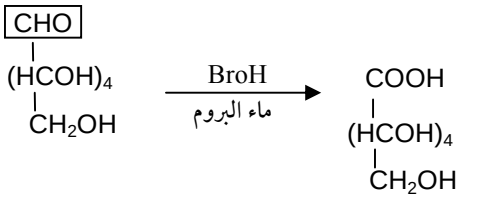
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



Glucose Glucuronic acid

والأحماض اليورونية هامة وحيوية حيث تكون الوحدات البنائية لعدد من عديدات السكر مثل البكتين، كما يعمل حامض الجلوكويورونيك كمزيل للسموم في الثدييات فمثلاً يتحد حامض البترويك مع حامض الجلوكويورونيك ويفرز المركب الناتج في البول.

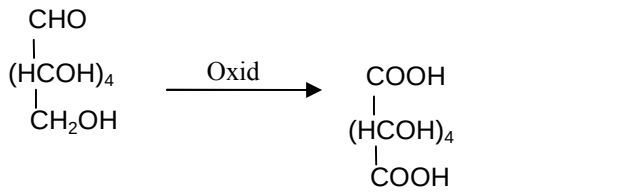
ب- أكسدة المجموعة الألدهيدية (-CHO) ينتج عنها أحماض الدونية (Aldonic acids) وذلك باستبدال المجموعة الألدهيدية وتحولها إلى مجموعة كربوكسيلية ويسمى الحامض باسم السكر المؤكسد مع استبدال المقطع (أوز Ose) بالمقطع (ونك Onic) فيتأكسد الجلوكوز Glucose إلى حامض الجلوكونيك (Gluconic acid).



Glucose Gluconic acid

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ج- أكسدة كلا من المجموعة الألدهيدية والمجموعة الكحولية الأخيرة نحصل على أحماض آرية أو أحماض سكارية (Saccharic or Aricacids) وهي أحماض عديدة الهيدروكسيل ثنائية الكربوكسيل ويسمى الحامض الناتج باسم السكر المؤكسد مع استبدال المقطع (-أوز Ose) بالمقطع (-سكاريك Saccharic) أو (-آريك Aric) فمثلا الجلوكوز Glucose يتأكسد إلى حامض الجلوكوسكاريك أو حامض الجلوكوآريك.



Glucose Glucosaccharic of Glucaric acid

5- التخمر Fermentation

التخمر الكحولي أحد أنواع التخمر حيث تتحول المواد الكربوهيدراتية إلى كحول ايثيلي وثاني أكسيد الكربون بعمليات كيميائية حيوية.

سكر متخمر ← كحول ايثيلي + ثاني أكسيد الكربون

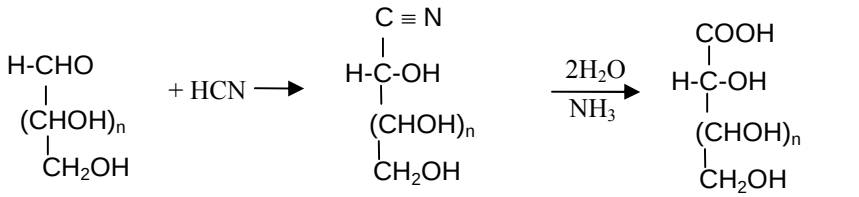
CO_2 $CH_3 - CH_2\ OH$

- الجلوكوز والفركتوز والمانوز تتخمر بواسطة خميرة الخبز والتي تحتوي على أنزيمات مسؤولة عن هذا التخمر.
- السكريات الخماسية واللاكتوز والسكريات العديدة لا تتخمر.
- السكريات الثنائية تتحلل أولاً بإنزيمات الخميرة إلى سكريات بسيطة ثم تتخمر كحوليا فالماتوز والسكروز يتخمران كحوليا بينما اللاكتوز لا يتخمر كحوليا لعدم وجود إنزيم اللاكتيز (Lactase).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

6- تأثير حامض الهيدروسيانيك Hydrocyonic acid (HCN)

حيث يعتبر هذا الحامض مادة سامة جداً.



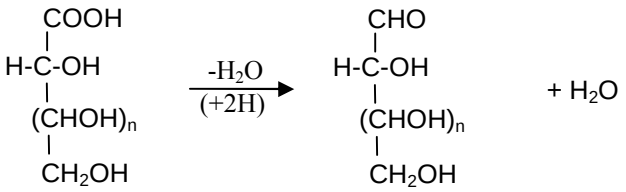
Manosaccharides

Cyanohydrinسيانوهيدرين

وهي مادة غير سامة

Sugar Acidحامض سكري

وهذا الحامض السكري الناتج يمكن أن يعطي سكر أحادي يحتوي على ذرة كربون زيادة عن السكر الأحادي المستخدم أولاً كما يلي:



7- تكوين الأوزازون Ozazone

تتفاعل السكريات الأحادية مع زيادة من مادة الفنيل هيدرازين (Phenyl Hydrazin) مكونة بلورات هي في الغالب صفراء أو برتقالية اللون ذات شكل ودرجة حرارة متميزة وتتمثل أهمية اختلاف صفات هذه البلورات من حيث الشكل ودرجة الانصهار في تمييز السكريات الأحادية بعضها عن بعض إلا أنه لا يمكن بهذا الكشف التمييز بين الجلوكوز، الفركتوز والمانوز لإعطائها نفس (الأوزازون).

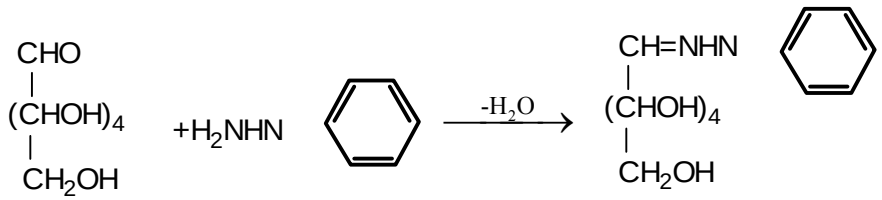
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

يجري هذا التفاعل بخطوات ثلاثة حيث تحصل عملية تكثيف أولاً ثم عملية أكسدة وينتهي التفاعل بعملية تكثيف أيضاً.

مثال:

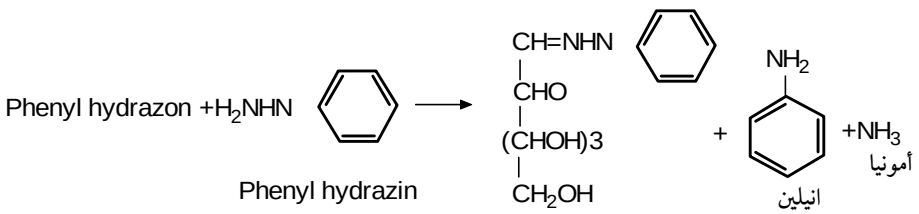
1- تفاعل الفينيل هيدرازين مع الجلوكوز

عملية تكثيف:



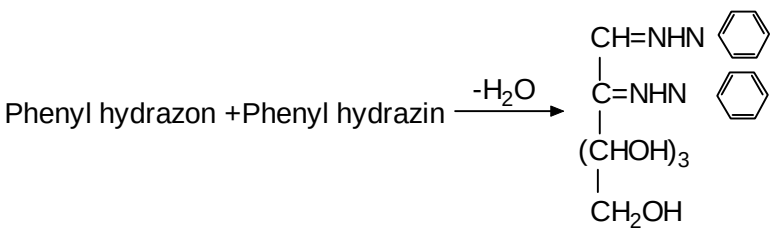
Glucose Phenyl hydrazin Phenyl hydrazon

عملية أكسدة



كيتوفنيل هيدرازون Ketophenyl hydrazon

عملية تكثيف



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(كلوكوزازون) (Ozazone)

السكريات الأحادية المحتوية على مجموعة الدهيدية أو كيتونية يمكـن أن تتفاعـل مع الفينايل هيدرازين مكونة الفينايل هيدرازون وبوجود زيادة من الفينايل هيدرازين تحدث عملية أكسدة وينتج مركب جديد يسمى Ozazone).

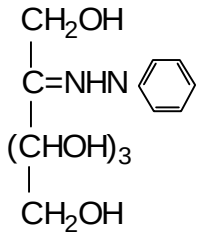
- يستخدم هذا المركب ليثبت وجود أو غياب الجلوكوز من البول.
- يستخدم أيضاً للتفريق بين الجلوكوز والسكريات الأخرى الموجودة عادة في البول مثل اللاكتوز من السيدات اللاتي يرضعن أطفالهن.

مثال:

2- تفاعل الفينيل هيدرازين مع الفركتوز:

عملية تكثيف

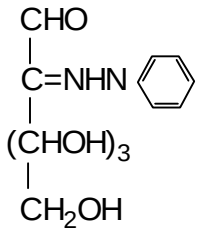
$$\text{Fructose + Phyenyl hydrazine} \xrightarrow{-H_2O} \text{Fructohydrazon}$$



عملية أكسدة

$$\text{Fructo + Phyenyl hydrazine} \rightarrow \text{Aldophenyl hydrazon}$$

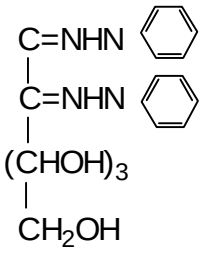
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



+ انيلين + أمونيا

عملية تكثيف

Adophenyl Hydrazon + Phenyl hydrazin $\xrightarrow{-H_2O}$



فركتوزازون (Ozazone)

الخواص الفيزيائية

جميع السكريات الأحادية على هيئة مركبات بلورية عديمة اللون تتحلل في الماء ولا تتحلل في المحاليل اللاقطبية. وتتصف السكريات البسيطة غالباً بأنها ذات طعم حلو تختلف درجة الحلاوة من سكر إلى آخر.

جميع السكريات الأحادية نشيطة ضوئياً وذلك لوجود ذرة الكربون غير المتناظرة وهي التي تتصل بأربعة مجموعات أو ذرات مختلفة.

والمواد النشطة ضوئياً هي عبارة عن مواد لها القدرة على تحويل الضوء المستقطب إلى اليمين أو إلى اليسار، فإذا تحول الضوء المستقطب (الذي يسير في اتجاه

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

واحـد) إلى الـيمين فـإن السـكر الأحـادي يوصـف بـأن (d) Dextrorotatory أو Dextrose أو (+) مثل الجلوكوز، أما إذا تحول الضوء إلى اليسار فإن السكر الأحادي يوصف بأن (L) Levorotatory أو (−) مثل الفركتوز.

- **التبلور Crystallization:**

يعتبر تكوين البلورات من الخواص المهمة للسكريات خاصة من ناحية الإنتـاج التجاري حيث يكون التبلور إحـدى الخطـوات المهمـة في تنقيـة السـكريات. هنالـك علاقة طرديـة بـين سـهولة عمليـة التبلـور ونقـاوة المحلـول السـكري، حيـث تتبلـور السكريات المتعددة قصيرة السلسلة Oligosaccharide غير المختزلة بسهولة أكثر مـن المختزلة ويرجع ذلك إلى وجود متشابهات Isomers كـثيرة للسـكريات المختزلـة ممـا يجعلها (غير نقية) ، كذلك فإن وجود نوع واحد من السـكر في محلـول مـا يـؤدي إلى تبلوره بسهولة أكثر مقارنة بوجود عدة أنواع من السكريات في المحلول.

وتعتبر عملية التبلور غير مرغوبة في بعض الحالات كتبلـور سـكر اللاكتـوز في الحليب المركز المحلي والآيس كريم.

العوامل التي تؤثر علـى تكـوين بلـورات السـكروز هـي درجـة فـوق التشـبع للمحلول ودرجـة الحـرارة والسـرعة النسـبية للمحلـول والبلـورات وطبيعـة سـطح البلورات ولقد وجد إن عملية تبلور السكروز تمر بمرحلتين.

الأول: انتقال جزئيات السكروز إلى سطح البلورات.

الثانية: تجمع جزئيات السكروز على سطح البلورات.

أما اللاكتوز فيتبلور على هيئتين:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تسمى الأولى alpha-anhydrate والثانية beta-anhydrous والأولى أكثرهما شيوعاً ويكون تركيبها ($C_{12}H_{22}O_{11}H_2O$) ويتم الحصول عليها من محلول فوق مشبع وعلى درجة حرارة أقل من 93.5°م.

العوامل المانعة لتكون البلورات:

1- خفض درجة فوق التشبع: كلما زادت درجة الإشباع زاد معدل تكوين البلورات (زيادة اللزوجة تقلل من نمو البلورات).
2- انخفاض نسبة الرطوبة: وهي تعني زيادة تركيز السكر وبالتالي زيادة اللزوجة مما يؤدي إلى تقليل تكون البلورات.
3- وجود كميات مرتفعة من شراب الجلوكوز أو السكر المحول Inverted sugar السكروز ← جلوكوز + فركتوز (سكر المحوّل).

لاحظ أن إضافة السكر المحول يؤدي إلى خفض معدل تكوّن البلورات، كما أن إضافة شراب الجلوكوز يؤدي إلى خفض معدل تكون البلورات.

4- انخفاض درجة حرارة التخزين.
5- وجود المواد الغروية: مثل البكتين والجيلاتين والألبيومين والديكسترين وتمتاز هذه المواد بقدرتها الكبيرة على احتواء الماء وبالتالي يقلل من كمية الرطوبة وهذا يؤدي إلى رفع درجة اللزوجة وبالتالي تثبيط تكون البلورات.
6- عدم التقليب "غياب التقليب".

إن سرعة التقليب أثناء التصنيع تعمل على تكوين بلورات ناعمة جداً علماً بأنه إذا تم التقليب ببطئ تتكون بلورات كبيرة.

- **الحلاوه**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

اعتاد الإنسان على الأغذية الحلوة المذاق ويكون رد فعل الرضع والأطفال والعديد من الحيوانات وحتى الحشرات إيجابياً بالنسبة لحلاوة السكريات. ومن المحليات التي لها قيمة غذائية مهمة والتي تضاف إلى الأغذية بصورة عامة السكروز، شراب الجلوكوز (شراب الذرة).

إن حلاوة المحاليل التي يرتفع بها نسبة الفركتوز إلى محاليل السكروز تقل كثيراً بزيادة درجة الحرارة إذ تقدر حلاوة الفركتوز عند 5°م بـ 1.4 مرة حلاوة السكروز أما عند 40°م فإن التراكيز المتساوية من الفركتوز والسكروز تكون ذات حلاوة متساوية. وتقل حلاوة الفركتوز لتصل 0.8 حلاوة السكروز عند 60°م.

يعزى سبب هذا التحول في درجة الحلاوة إلى التغير في تعادل الهيئات الانوميرية anomeric forms للسكريات حيث تقل حلاوة السكريات المختزلة الأخرى (D جالاكتوز، D- جلوكوز) بزيادة درجة الحرارة أيضاً، لكن بدرجة أقل من الفركتوز، أما المالتوز فلا تعتمد درجة حلاوته على درجة الحرارة.

تتداخل المواد المره المذاق والأحماض والأملاح مع السكريات الحلوة المذاق. فمثلاً تعمل الكحولات على زيادة حلاوة السكروز، بينما يعمل الكاربوكسي مثيل سيليلوز (CMC) (أحد المضافات الغذائية الاعتيادية) على حجب حلاوة السكروز، وتتساوى حلاوة الـ D-فركتوزر والسكروز إذا وجدا معاً في معلبات الكمثرى والخوخ.

المواد الكسرية	درجة الذوبان ٪	درجة الحلاوة ٪
السكروز	67	100
الفركتوز	79	173
الجلوكوز	48	70-56
المالتوز	44	33

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

اللاكتوز	16└─16	16

- **الذوبان**

تعد الكربوهيدرات من المواد المحبة للماء hydrophilic لكن بدرجات مختلفة ويعتمد ذلك على تركيبها.

إن سرعة ومدى امتصاص السكريات في حالتها الجافة للماء يعتمد بالأساس على نقاوتها المطلقة وعلى نقاوتها الأنوميرية Anomeric Purity (فمثلاً هل يوجد السكر بهيئة ألفا أو بيتا أو خليط منهما). وفيما إذا كانت السكريات تكون بلورات مميهة Stable hydrates ثابتة وأخيراً على درجة تجانس تراكيبها البلورية.

إن امتصاص الما على سطح البلورات يؤدي إلى ذوبان السكر في هذه المنطقة. وحصول عملية التعادل بين الهيئات الأنوميرية للسكر وتحلل (تحول) Inversion السكروز الذي يزداد في الظروف الحامضية المعتدلة أو وجود إنزيم الأنفرتيز في الدرجات الحرارية المنخفضة. إن تحول السكروز يؤدي إلى تكون سكريات أحادية مختزلة وفعالة تساهم في التفاعلات البنية غير الأنزيمية.

إن لقابلية السكريات والديسكتريات أو الخليط منهما على امتصاص الماء Hygroscopicity تأثير مهم في تقبل المستهلك للحلويات والطبقات العلوية (تلبيسات) المعجنات ومبيضات القهوة Coffe whitners. فمثلاً يعرف المالتوز واللاكتوز بأن لهما قابلية محددة على امتصاص الرطوبة من الهواء لذا يفضل استعمالهما في المنتجات المذكورة. وعلى العكس من ذلك تتمكن السوائل السكرية التي لها القابلية على امتصاص الماء (مثل شراب الجلوكوز والسكر المتحول Invert Sugar) في المساعدة على الاحتفاظ بالرطوبة في المعجنات والحلوى المرنة (اللدنية)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Plastic candies. أما في حالة تبلور السكر فإنه يفقد الماء وهذا سيؤثر بالتالي في التأثير المرن plasticizing effect.

توضع الفواكه وتغلي في محاليل مركزه من شراب السكر وهذا يساعد في إعطائها قواماً صلباً، كما يقلل ذلك نمو الأحياء المجهرية الضارة أو يمنعها نتيجة لانخفاض النشاط المائي بسبب الأواصر الهيدروجينية المتكونة بين السكر والماء، ويعمل الشراب المركز على سحب الماء من الفواكه بفعل الضغط الأسموزي مما يترتب على ذلك دخول جزئيات السكر إلى الخلايا مكونه مركبات معقدة مع السكريات المتعددة الموجودة في الجدار الخلوي مما يؤدي إلى زيادة صلابة الجدار الخلوي وكذلك صلابة قوام الفاكهة.

- **شراب الجلوكوز**

يتكون الجلوكوز في النبات من الماء وثاني أكسيد الكربون بوجود الكلورفيل- والصوديوم ومن السهل تحول الجلوكوز في النبات إلى النشا، ويمكن فصل النشا من الحبوب. وعند التحلل المائي لجزيء النشا ينتج شراب الجلوكوز.

1- تعريفات شراب الجلوكوز:

- هو المحلول المائي المركز والنقي للسكريات المغذية ويتم الحصول عليه من النشا.
- هو المحلول المشبع من السكريات الناتجة من النشا والذي يكون له مكافئ 20 ديكستروز أو أكثر.

2- درجة البلمرة: Degree of Polymerization

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وهي تمثل عدد جزئيات الجلوكوز لكل جزئ نشا ولكل نوع من المواد الموجودة في شراب الجلوكوز.

3- مكافئ الدكستروز Dextrose equivellent

معامل الدكستروز وهو محتوى شراب الجلوكوز من السكريات المختزلة ويعبر عنها بالدكستروز وتحسب كنسبة مئوية للمواد الصلبة.

يمكن تقسيم شراب الجلوكوز حسب درجة التحول إلى:

- شراب ذو درجة تحول عالي إذا كان رقم DE أعلى من 55.
- شراب ذو درجة تحول معتدلة إذا كان رقم DE بين 35-55.
- شراب ذو درجة تحول قليلة إذا كان رقم DE بين 20-35.
- شراب ذو درجة تحول قليلة جداً إذا كان رقم DE أقل من 20.

تحضير شراب الجلوكوز:

تلعب السكريات الناتجة من تحلل نشا الذرة دوراً مهماً في الصناعات الغذائية حيث بالإمكان تحليل محاليل مركزه من نشا الذرة بواسطة الأحماض والأنزيمات، ليتكسر النشا إلى أجزاء صغيرة أولاً ومن ثم ينتج الجلوكوز أو الديكستروز كمركب نهائي. وهناك عدة طرق لتحضير شراب الجلوكوز.

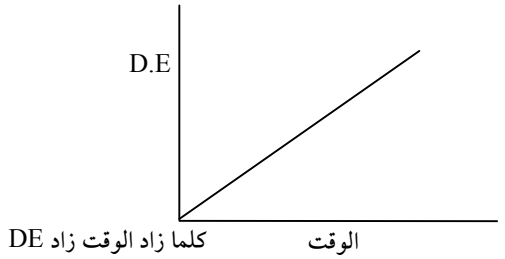
1- باستخدام الحامض

يستعمل حامض الهيدروكلورك(HCl) في التحليل وتعتمد هذه الطريقة على ثلاث عوامل هي:

- تركيز الحامض.
- درجة الحرارة ومدة التفاعل.
- الضغط.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

حيث يجب ضبط هذه العوامل وتوجيه التفاعل بواسطة الـزمن لنحصـل علـى شراب ذو مواصفات محددة (ذو قيمة مكافيء وكستروز معين).



ويكون كسر الروابط بين وحدات الجلوكوز الموجودة في سلاسـل الأميلـوبكين والأميلوز عشوائياً.

من عيوب هذه الطريقة أن التحليل لا يستمر بعـد رقـم D.E (55) إذ أنـه بعـد تكسير الجلوكوز نفسه يظهر الطعم المر واللون الـبني ولكـن نسـتطيع الحصـول علـى شراب جلوكوز بقيم DE حوالي 20.

2- باستخدام الأنزيمات:

حيث تستعمل الأنزيمات التالية:

- الفا اميليز α-amylase وهذا يكسر الروابط 1: 4 عشوائياً.
- بيتا اميليـز β-amylase وهـذا ينـتج مـالتوز مـن طـرف السلاسـل ويكسـر الروابط 1: 4.
- جلوكو أميليز Glucoamylase وهذا ينـتج جلوكـوز مـن طـرف السلاسـل ويكسر الروابط 1: 4 سريع و 1: 6 بطيء.
- أيسوأميريز Isoamylase وهذا يكسر الرابطة 1: 6.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- جلوكوز أيسوميريز Glucose Isomenase وهـذا الأنـزيم يحـول الجلوكـوز إلى فركتوز حيث بدأ استعمال جلوكوز ايسوميريز بكثرة ولعمل شراب ذو حلاوة عالية وخاصة في التركيزات المرتفعة التي تصل 72٪ وباسـتعمال هـذا الأنـزيم ينتج شراب جلوكوز عالي النسب من الفركتوز. High fructose corn syrup

مميزات استعمال الأنزيمات:

- أقل الدورات المنتجة هي الجلوكوز.
- يمكن الحصول على أنواع كثيرة من المنتجات "مالتوز، مالتوتريوز".
- لا حاجة لاستعمال أجهزة وأدوات مقاومة للأحماض.

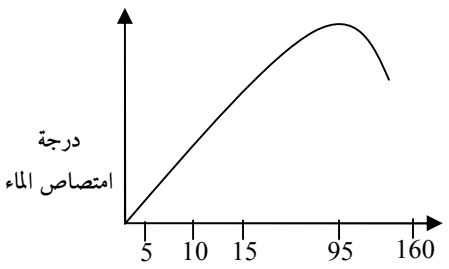
عيوب استعمال الأنزيمات

- ارتفاع التكلفة نسبياً.
- طول مدة التحضير.
- يلزم وجود معدات خاصة لتوفير الجو الأمثل والملائم للأنزيمات.

"لتعديل D.E يلزم استعمال أغشـية معينـة نصـف نفـاذه لهـا علاقـة بالضـغط الأسموزي".

الخواص الطبيعية والكيميائية لشراب الجلوكوز حسب مكافيء الدكستروز

1. درجـة امتصـاص الرطوبـة: ترتفـع درجـة امتصـاص الرطوبـة بازديـاد رقم D.E حتـى (95) ثـم تـنخفض انخفاضـاً حـاداً. علمـاً بـأن وجـود المعادن يقلل من هـذه الخاصـية لـذا يجب إزالة الأيونات من الماء.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2. معدل الوزن الجزئي: يقل الـوزن الجزيئـي لشـراب الجلوكـوز كلمـا زاد رقـم D.E.
3. اللزوجة : تقل اللزوجة كلما زاد رقم D.E.
4. الحلاوة: تزداد الحلاوة بازدياد رقم D.E.
5. القوام : يقل القوام بازدياد رقم D.E.
6. ظهور اللون البني: يزداد ظهور اللون بازدياد رقم D.E.
7. القدرة على التخمر: تزيد القدرة على التخمر بازدياد رقم D.E.
8. القيمة الغذائية: ثابتة لا تتأثر برقم D.E.
9. الضغط الأسموزي: يزداد الضغط الأسموزي بزيادة رقم D.E.
10. الدوران النوعي: يقل الدوران النوعي بزيادة رقم D.E.
11. معدل الذوبان: يزداد معدل الذوبان بزيادة رقم D.E.
12. تأثيره التآكلي على الأسـنان: اخـتلاف رقـم D.E لا يعطـي أي اخـتلاف في التاثير على الأسنان.

مميزات استعمال شراب الجلوكوز في الصناعات الغذائية:

1. يمنع حدوث البلورة لسكر السكروز خاصة عند خلطه به.
2. يمنع تحويل الملبسات أو الدروبس إلى مادة لاصقة "بسبب قدرته على الاحتفاظ بالرطوبة".
3. يطيل مدة حفظ الأغذية ويحسن من طعم الحلويات "أثناء التذوق والمضغ".
4. في صناعة الآيس كريم يمنـع تبلـور السـكر ويسـاعد في إظهـار طعـم الفاكهـة الداخلة في الصناعة نظراً لقلة حلاوته النسبية مع السكروز.
5. في صناعة المخبوزات يعمل كمادة مناسبة للتخمير وكذلك يعطي اللـون الـبني المناسب.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

6. في صناعة الفواكه المعلبة يستفاد منه كشراب يعطي القوام المناسب من غير تأثير كبير على الحلاوة.
7. في صناعة العصائر والمشروبات.
   أ) يعمل منه شراب مباشرة مثل شراب الجلوكوزيد Glucozade.
   ب) يدخل كبديل للسكر في المشروبات الغازية.

أقسام شراب الجلوكوز

1. شراب درجة تحول عالية رقم DE أعلى من (55) وهو ذو ذائبية عالية High Conversion.
2. شراب ذو درجة تحول معتدلة رقم DE من 35-55 Regular Conversion.
3. شراب ذو درجة تحول قليلة رقم DE من 20-35 Low Conversion.
4. مالتوديكسترين رقم DE أقل من 20.

السكريات:

وفيما يلي الشرح المفصل لأهم السكريات الأحادية والثنائية والمتعددة، أمثلة عليها مع تركيبها الكيميائي:

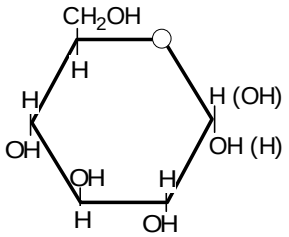
1- السكريات الأحادية

أ) السكريات السداسية

سكر الجلوكوز يسمى سكر العنب أو الدكستروز أو سكر الدم ويوجد في دم الحيوانات والإنسان نتيجة لهضم النشويات.

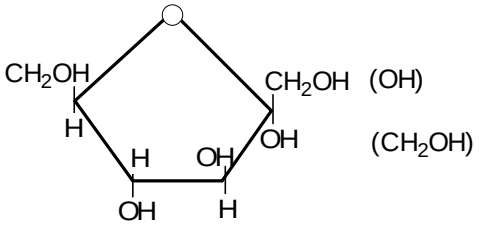
- تعتمد خلايا الأنسجة العصبية وعدسة العين على الجلوكوز كمصدر للطاقة.
- ويوجد في الفواكه وقصب السكر والبنجر والخضروات وعسل النحل.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



α(β) Glucose

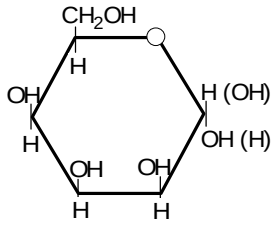
- سكر الفركتوز يسمى سكر الفاكهة وهو أكثر السكريات حلاوة في الطعم.
- يتوفر في الفواكه وعسل النحل ورحيق الزهور.
- يمتص الفركتوز في الأمعاء بمعدل أقل من الجلوكوز غير أنه يتحول بعد امتصاصه ووصوله إلى الكبد إلى النشا الحيواني جليكوجين.
- يتواجد في غدة البروستات وفي السائل المنوي بكميات كبيرة.



α(β) Fructose

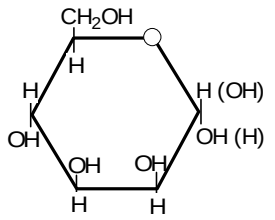
- سكر الجالاكتوز هو جزئ من سكر الحليب ولا يتوفر في حالة منفردة في الطبيعة ولا يوجد بشكل حر في الأنسجة النباتية.
- يتبلور بسهولة في الماء.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



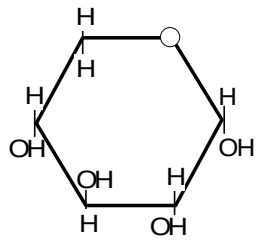
α(β) Galactose

- سكر المانوز يوجد بشكل حر في تركيب القشور الخارجية لبعض الحمضيات والثمار عند عدد من النباتات.



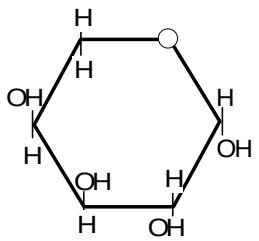
α(β) Mannose

ب) السكريات الخماسية:



α-Xylose

يدخل في تركيب المواد المخاطية النباتية والجذر النباتية



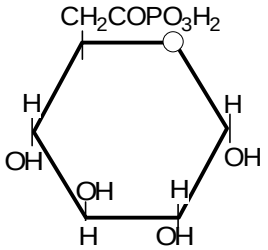
α-arabinose

يدخل في تركيب المواد المخاطية النباتية والجذر النباتية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

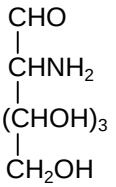
جـ) السكريات المفسفرة:

وهي الصورة النشطة من السكريات مثل الجلوكوز 6- فوسفات Glucose-6-phoshate ويلعب هذا المركب دوراً في عمليات استقلاب (ايض) الكربوهيدرات.



د- السكريات الأمينية:

وفيها تحتوي مجموعة أمينية على مجموعة الهيدروكسيل مثل الجلوكوز أمين (Glucosamine) ويوجد في مادة البكتين الموجودة في الغلاف الخارجي للحشرات والقشريات والجالاكتوز أمين (Galactosamine) والذي يتوفر في غضاريف جسم الإنسان.



هـ- السكريات متعددة التسكر Oligosaccharides

السكريات متعددة التسكر ناتجة من عدد من جزيئات السكريات الأحادية التي يتراوح عددها بين 2-10 وترتبط مع بعض بروابط جلوكوسيدية مع فقد جزئ ماء واحد لكل رابطة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

والسكريات متعددة التسكر عادة مواد متبلورة ذات مذاق حلو وتذوب في الماء، كما أن تفاعلاتها هي بوجه عام نفس تفاعلات السكريات الأحادية فإذا وجدت مجموعة الدهيدية حرة يمكن أكسدتها. وتتميز هذه السكريات بأنه يمكن تحللها مائياً بالأحماض أو الأنزيمات وبذلك تكسر الروابط الجلوكوسيدية وتنتج السكريات الأحادية.

وعند اتحاد 2 سكر أحادي مع بعضهما فإننا نحصل على سكر ثنائي Disaccharides.

2- السكريات الثنائية Disaccharides

تتكون من وحدتين من السكر الأحادي بفقد جزئ ماء واحد، تتحلل السكريات الثنائية مائيا بواسطة الأحماض المخففة وبتأثير الأنزيمات الخاصة إلى مكوناتها من السكريات الأحادية والصيغة العامة لها ($C_{12}H_{22}O_{11}$).

$$\underset{\text{سكر ثنائي}}{C_{12}H_{22}O_{11}} \xrightarrow[\text{المعدنية المخففة أو الأنزيمات المتخصصة}]{\text{تحلل مائي بواسطة الأحماض}} \underset{\text{سكر أحادي}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{سكر أحادي}}{C_6H_{12}O_6}$$

مثال:

سكر الشعير (مالتوز) $\xleftarrow{\text{تحلل مائي}}$ جلوكوز + جلوكوز

سكر الحليب (لاكتوز) $\xleftarrow{\text{تحلل مائي}}$ جلوكوز + جلاكتوز

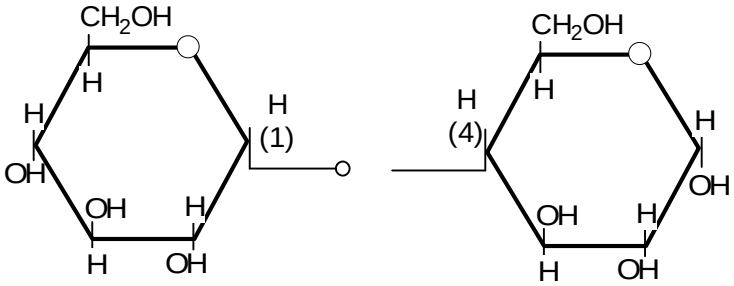
سكر القصب (سكروز) $\xleftarrow{\text{تحلل مائي}}$ جلوكوز + فركتوز

1. سكر المالتوز Maltose

ويسمى أيضاً سكر الشعير حيث أنه السكر الرئيسي في الشعير.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

يتكـون مـن جـزيئين مـن α-glucose يرتبطـان مـع بعضـهما بواسـطة رابطـة جلوكوسيدية 1، 4 α.



يعتبر سكر مختزل وذلك بسبب وجود مجموعة ألدهيدية حرة، ويمكن أن يتحلل بواسطة الأحماض وأنزيم في الأمعاء يسمى (Maltase) ونواتج هذا التحلل عبارة عن جزيئين من ألفا جلوكوز. يعطي الأوزازون مع الفنيل هيدرازين.

2. سكر اللاكتوز Lactose

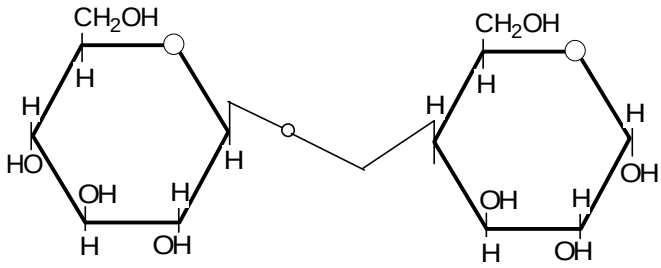
يسمى سكر الحليب وهو المصدر الحيواني الوحيد لهذا النوع من السـكر حيـث يوجد في حليب الثديات ولا يوجد في النباتات بالرغم من أن مكوناته هي الجلوكـوز والجالاكتوز الموجود في كثير من النباتات. كما يوجد في بول المرأة أثناء فترة الحمل.

يوجد في الحليب، ويستعمل في تغذية الأطفال وفي صناعة العقـاقير والأقـراص الطبية وهو ملين ومدر للبول.

- يتكون من جزئ واحد من α- جلوكـوز وجـزئ آخـر مـن بيتـا جـالاكتوز مرتبطين مع بعضهما برابطة جلوكوسيدية (بيتا جلوكوسيدية).
- يعتبر سكر مختزل وذلك بسبب وجود مجموعة الدهيدية حرة.
- يتحلل بواسـطة الأحمـاض والأنـزيم الموجـود في الأمعـاء ويسـمى اللاكتيـز (Lactase).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$\text{Lactose} \xrightarrow{\text{Lactase}} \alpha\text{-glucose} + \beta\text{- Galactose}$$



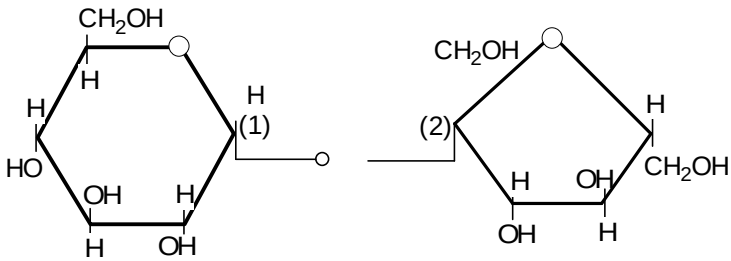
3. سكر السكروز Sucrose

وهو عبارة عن السكر العادي الذي نستخدمه في منازلنا. أو سكر المائدة نحصل عليه من قصب السكر أو من البنجر ولهذا يسمى سكر القصب.

-يتكون من α- جلوكوز وبيتا فركتوز متحدين مع بعضهما برابطة 1، 2 جلوكوسيدية وبهذا الاتحاد فإن المجموعة الألدهيدية الخاصة بالجلوكوز والمجموعة الكيتونية الخاصة بالفركتوز يغلقان ولهذا فإن هذا السكر غير مختزل.

يتحلل السكروز مائيا بواسطة الأحماض المعدنية وبواسطة أنزيم الانفريتز=السكريز (Sucrase=Invertase) إلى خليط متساوي من الجلوكوز والفركتوز ويعرف هذا الخليط بالسكر المحلل (Invert Sugar) وهو سكر مختزل.

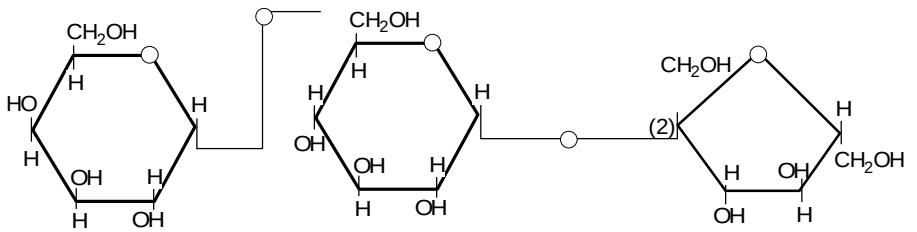
سكر السكروز أقل حلاوة من الفركتوز وأكثر حلاوة من الجلوكوز أما السكر المحلل فهو وسط في حلاوته بين الفركتوز والسكروز.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3- السكريات الثلاثية Trisaccharides

تتكون من ثلاثة جزيئات من السكريات الأحادية..تتحلل مائياً منتجة مكوناتها من السكريات الأحادية. قسم منها سكريات مختزلة مثل سكر المانوتريوز (مكون من جلوكوز + جالاكتوز + جالاكتوز) سكر الرامينوز (مكون من جالاكتوز+رامنوز+رامنوز) والقسم الآخر سكريات غير مختزلة مثل سكر الميليسيتوز (مكون من جلوكوز+فركتوز+جلوكوز) وسكر الرافينوز (مكون من فركتوز+ جلوكوز + جالاكتوز).



α-galactose α-glucose β-Fructose

(سكر الرافينوز)

4- السكريات الرباعية (Tetrasaccharides)

تتكون من اتحاد أربعة جزئيات من السكر الأحادي مع فقد ثلاثة جزيئات ماء مثل سكر ستاكيوز (Stachyose)الموجود في شجر المانا وبذور البقوليات مثل فول الصويا، حلو الطعم يتحلل بواسطة أنزيم الانفرتز وحامض الخليك إلى مكوناته من السكريات الأحادية (فركتوز + جلوكوز+ جالاكتوز).

5- السكريات عديدة التسكر Polysaccharides

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

توجد السكريات عديدة التسكر في الطبيعة بشكل سكريات طويلة السلسلة وتتكون من اتحاد عدد كبير من وحدات السكريات الأحادية أو مشتقاتها أو خليط منها ويرتبط بعضها مع بعض برابطة جلوكسيدية وهي ذات وزن جزيئي عالي. ولا توجد في الحالة البلورية كما أنها مركبات عديمة الطعم والرائحة. توجد منتشرة في النباتات، كما توجد في الحيوانات في صورة مواد مخزنة لخدمة الكائن الحي، كما تعمل كمواد بنائية في النبات ومن أكثر هذه المواد شيوعاً النشا والجليكوجين والسليلوز ووحداتها البنائية هي السكريات الأحادية أو مشتقاتها ويعتبر الجلوكوز من أهم مكوناتها.

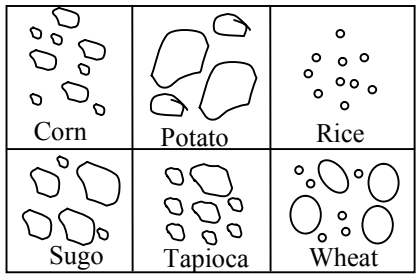
ويمكن تقسيم السكريات المتعددة إلى نوعين هما:

1. سكريات عديدة متجانسة: وهي التي تعطي نفس النوع من السكر عند تحللها.
2. سكريات عديدة غير متجانسة، وهي التي تعطي عند تحللها أنواع مختلفة من السكريات، ومن السكريات المتعددة المهمة ما يلي:

النشا Starch

يتكون النشا من وحدات عديدة من الـ D- جلوكوز وتخزن السكريات في النباتات على هيئة نشا. ويوجد النشا على هيئة حبيبات صغيرة تسمى (Granules) يختلف حجمها وشكلها من نبات إلى آخر.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



الشكل يوضح مظهر حبيبات النشا من مصادر مختلفة

يتكون النشا إما من سلسلة غير متشعبة تسمى أميلوز Amylose أو من سلسلة متشعبة تسمى أميلوبكتين amylopectin.

يتراوح طول سلسلة الأميلوز من (400) وحدة جلوكوز في بعض أنواع الذرة إلى 200 وحدة جلوكوز في البطاطا. ترتبط وحدات الجلوكوز مع بعضها البعض بواسطة أواصر جلوكوسيدية (Glucosidic bonds) من نوع ألفا (1←4) لتكون سلسلة ذات شكل حلزوني. يكون الأميلوز 17-30٪ من النشا الكلي في الذرة والرز والبطاطا وفي بعض الأصناف الأخرى للذرة وأصناف من البازلاء يكون الاميلوز حوالي75٪ من النشا الكلي.

من صفات النشا أنه يعطي لوناً أزرق مع اليود ويعزى سبب ظهور اللون الأزرق إلى احتواء اليود في الشكل الحلزوني للأميلوز. يعود سبب هذا الاحتواء إلى ما يسمى بالـ (induced dipole effect) حيث تتكون كل دوره في الشكل الحلزوني للأميلوز من ست جزيئات من الجلوكوز وتحيط بجزئ واحد من اليود. بناء على ذلك يوجد علاقة طردية بين شدة اللون الأزرق عند إضافة اليود إلى النشا وطول سلسلة الأميلوز.

العلاقة بين طول سلسلة الأميلوز واللون الناتج عند إضافة اليود

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

طول السلسلة (وحدات جلوكوز)	عدد الدورات الحلزونية	اللون الناتج
12	2	عديم اللون
15-12	2	بني
30-20	2	أحمر
40-35	7-6	أرجواني
45 فأكثر	9	أزرق

يحتوي الأميلوبكتين في نقاط معينة على أواصر من نوع ألفا (1←6) إضافة إلى الأواصر التي سبق ذكرها في الأميلوز.

تكون التفرعات الموجودة في الأميلوبكتين عادة قصيرة وتحتوي على 20-30 وحدة جلوكوز ويعطي الأميلوبكتين مع اليود لون أحمر وتوجد بعض أنواع من نشا الحبوب التي تحتوي على الأميلوبكتين فقط. كما هو موجود في الذرة الشمعية.

تبنى حبيبات النشا بإضافة طبقات النشا حول نواه مركزية. لقد وجد أن عوامل مناخية مثل الضوء ودرجة الحرارة تؤثر على تكوين حبيبات النشا.

تختلف حبيبات النشا المأخوذة من مصادر مختلفة في الشكل والحجم، فمثلاً يكون لحبيبات نشا البطاطا شكل بيضاوي يتراوح قطر الحبيبه من 15-100مايكرون بينما تكون حبيبات نشا الذرة دائرية الشكل ذات زوايا حادة ويتراوح قطرها بين 2-35 مايكرون.

لا تذوب حبيبات النشا في الماء البارد عادة وفي حالة رفع درجة الحرارة إلى درجة حرارة الجلتنة، عندها تنتفخ الحبيبات فجأة، وعلى وجه العموم تنتفخ حبيبات النشا الكبيرة على درجة حرارة أقل من حبيبات، النشأ الصغيرة فمثلاً تنتفخ حبيبات نشا البطاطا على درجة حرارة (59-67°م) بينما تنتفخ حبيبات نشا الذرة على 64-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

74°م، وتتوقف درجة الحرارة التي يتم عندها انتفاخ حبيبات النشا على عدة عوامل منها الـ PH والمعادلة الحرارية نفسها ووجود الأملاح والسكريات.

إن استمرار التسخين بعد وصول النشا إلى درجة حرارة الجلتنة يؤدي إلى انتفاخ أكثر للحبيبات ويصبح المحلول لزجاً ونصف شفاف. عند عليان عجينة النشا تبقى الحبيبات محافظة على استقلاليتها لكن ليس من السهولة رؤيتها تحت المجهر. وفي حالة تحريك هذه العجينة تتكسر حبيبات النشا وتقل اللزوجة إلى حد كبير. أما في حالة تبريد عجينة النشا فقد يتكون الهلام (gel) أو في حالة التبريد البطيء قد يتكون راسب يسمى (Spherocrystals) يطلق على هذه الظاهرة (ظاهرة الانفصال) Retrogradation وتعتمد إلى حد كبير على حجم وطول سلسلة الأميلوز غير المتشعبة. إن تحليل سلسلة الأميلوز إلى سلاسل صغيرة تحتوي كل منها على 20-30 وحدة جلوكوز، يؤدي إلى التخلص من ميل عجينة النشا إلى الترسب. تتسارع عملية الإنفصال إلى حد كبير بواسطة التجميد وبعد ذوبان عجينة النشا المتجمدة تتكون كتلة اسفنجية والتي تفقد جزء من الماء الموجود فيها بسهولة بعد تسليط ضغط خفيف عليها.

تثبيط الانتفاخ بوجود الأحماض الدهنية ويعزى ذلك إلى تكوين مركب معقد غير ذائب مع السلسلة المستقيمة للأميلوز. يحتوي نشا الحبوب على نسبة من الأحماض الدهنية تتراوح بين 0,5-0,7٪. تحتوي جميع أنواع النشا على 0.06-0.07٪ فوسفور على هيئة جلوكوز -6- فوسفات. نضيف النشا عادة على أساس خواص النشا المطبوخ. فمثلاً يكون نشا الحبوب (الذرة، الحنطة والرز) عجينة لزجة تتحول إلى عجينة غير شفافه وقوية عند تبريدها، بينما يكون نشا الجذور والدرنات مثل البطاطا، عجينة ذات لزوجة عالية وشفافة تتحول إلى هلام ضعيف القوام عند تبريده.

النشا المحول Modified Starch

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

بالإمكان تحوير خواص النشا الطبيعية بواسطة بعض المعاملات الكيميائية التي تعطي ناتجاً يصلح لغرض معين في الصناعات الغذائية. من التحويرات البسيطة هو تحوير النشا وذلك بمعاملته مع الأحماض ليعطي نشا ذا قوام خفيف عند الغليان.

لا تتأثر حبيبات النشا بدرجة كبيرة بهذه المعاملة، لكن نفاذ الحامض إلى مناطق ما بين الجسيمات Intermiceller يؤدي إلى ضعف تركيب النشا بتحليل عدد قليل من الأواصر، وعند جلتنة هذا النوع من النشا تتحطم حبيبات وتعطي محلولاً أو عجينة كذلك بالإمكان الحصول على هذا النوع من التحوير في النشا بواسطة المعاملات الأنزيمية، حيث تتمكن العجينة ذات اللزوجة المنخفضة المتحصل عليها بواسطة المعاملات الحامضية أو الأنزيمية من تكوين هلام عند التبريد.

استخلاص النشا:

تحتوي الحبوب الغذائية على نسب متفاوتة من النشا، ويمكن استخلاص النشا بطرق عدة أفضلها ما يستخدم لحبوب القمح والذرة وتتلخص بالخطوات التالية:

1. **تنظف الحبوب بإمرارها على مغناطيس قوي لإزالة الحديد والصلب والمسامير** وتؤخذ منها عينات لمعرفة مدى جودتها، ثم يستمر التنظيف بإمرار الذرة على غرابيل ثم تعرض الحبوب للهواء المضغوط لإزالة التراب والشوائب الخفيفة.
2. **النقع:** تنقع الحبوب في أحواض كبيرة لمدة 36-48 ساعة في ماء مضاف إليه ثاني أكسيد كبريت بنسبة 0.13-0.17 غرام لكل مائة ملليمتر ماء ليمنع الإنبات ويقلل من حدوث التخمر والتغيرات الميكروبية الأخرى غير المرغوبة باستثناء البكتيريا المنتجة لحامض اللاكتيك (فهي تنشط وتعطي حامضاً يؤثر في قيمة PH ويساعد في تليين الحبوب. فتنفخ الحبوب وتنعزل القشرة عن (السويداء) وتذوب بعض العناصر المعدنية وبعض الكربوهيدرات وبعض البروتينات في ماء النقع، كما تتعرض البروتينات لبعض التحلل المائي وتنفرد بعض الأحماض الأمينية.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3. **فصل الأجنة:** لطحن حبوب الذرة المنتفخة بخفة في طواحين التي يناسب فيها تيار من الماء أو من محلول النشا المخفف، فتنفصل أجنة الحبوب الغنية بالزيت عن النشا والجلوتين والألياف والأغلفة، فتطفو الأجنة وتترسب النشا في القاع.
4. **فصل الأغلفة والألياف عن النشا والجلوتين:** تنتقل الكتلة الرطبة المكونة من ألياف وقشور الجلوتين ونشا فوق المناخل إلى طواحين تنعمها فتصبح النشا والجلوتين دقيقة الحجم بينما الألياف والقشور تظل أكبر حجماً.
5. **فصل النشا والجلوتين:** تترك الكتلة في أحواض خشبية كبيرة حتى تترسب النشا في القاع.
6. **غسل النشا:** في طريقه الطرد المركزي تنتج نشا محتويه على 1-2٪ بروتين فيلزم تفتيتها لخفض هذه النسبة إلى أقل 0.3٪.
7. **التجفيف:** وتباع النشا إما بشكل مسحوق أو بلورات أو كتل.

ظاهرة الخبز البائت:

إن عملية العجن تتضمن إدخال الماء إلى حبيبات النشا وعند الخبز يتكون حالة تسمى "الجلتنة" Gel Formation في درجة حرارة 95°م وحيث تخرج سلاسل الأميلوز من داخل الحبيبة إلى خارجها.

وعند التبريد تبدأ ظاهرة الخبز البائت بالظهور حيث تظهر رائحة ناتجة عن تصاعد مركبات (ايسوبيوتريك وانروفاليريك) وتتركب سلاسل الأميلوز الخارجة من الحبيبة وتعطي بشكل متصلب ويزداد القساوة عند عدم تغطية الخبز حيث يتبخر الماء وتزداد تقارب سلاسل الأميلوز.

العوامل المانعة لظهور الخبز البائت

1. تخزين الخبز على درجة حرارة أقل من 2.5°م أو أعلى من 55°م مع نسبة رطوبة 80٪.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2. استعمال مواد مانعة لهذه الحالة Antistaling agent .

تعمل هذه المواد على النفاذ إلى داخل حبيبة النشا وربط سلاسل الأميلوز ببعضها ومنعها من الخروج خارج الحبيبة، حيث لوحظ أن استعمال هذه المواد يؤدي إلى زيادة في حجم الرغيف، منع بلورة الأميلوز حيث ترتبط مع أجزاء الأميلوز الخارجة، وكذلك تعمل على إظهار المواد الناعمة داخل الرغيف، وتنقسم هذه المواد إلى:

1- مواد طبيعية:

أ- ليسثين.

ب- طحين الصويا.

2- مواد الكيماوية مثل:

أكثر المواد شيوعاً (GMS) (Glycerolmonostearate) تكون نسبة الإضافة من 120-200غرام / 50 كيلو طحين.

ظاهرة الجلتنة أو انتفاخ النشا.

عند إضافة الماء البارد للنشا يتكون معلق من النشا في الماء، فإذا سخن المعلق إلى درجة حرارة معينة "تختلف حسب نوع النشا" تنتفخ حبيبات النشا تدريجياً بشكل واضح ويبدأ الانتفاخ في درجة حرارة 50°م "إذا كان النشا منقوع في قليل من الماء البارد قبل التسخين فإن الانتفاخ يبدأ في درجة حرارة أقل من 50°م، وبارتفاع درجة الحرارة يتزايد الانتفاخ تدريجياً ويصبح المعلق أكثر شفافية ولزوجة حتى يقل السمك المألوف للنشا المطبوخ، وبالاستمرار في الطحين تنقص اللزوجة.

ويسمى المحلول وهو ساخن Sol ويكون سائلاً وإذا كان تركيز النشا كافياً يكون جل Gel عند التبريد.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

إذا سخن النشا بدون تقليب كافي أو شحن بدون تفكيك كتلة بالماء البارد أولاً تتكون كتل متماسكة من حبيبات النشا تنتج هذه الكتل عند اشتباك الجزئيات التي يكون طرفها ذائب في الماء وباقي الجزيء ما زال موجوداً في الحبيبة وبذلك تتداخل الحبيبات بعضها ببعض مكونة كتل متماسكة.

الجـل

تكوين الجل:

يوصف الجل بأنه شبكة متداخلة من الأميلوز والأميلوبكتين وجزئيات الماء متشابكة بواسطة روابط بين الجزيئات Intermolecular bonds وهذه الروابط تضعف بارتفاع درجة الحرارة فتكون (Sol) وتزداد قوة الروابط بانخفاض درجة الحرارة، وهذه الروابط لها أهمية كبيرة بالنسبة للزوجة وقوة النشا.

وعملية تكوين الجل يسهلها وجود الأميلوز إذ تكون أسرع في حالة النشا المحتوي على نسبة مرتفعة من الأميلوز مثل نشا الذرة.

تأثير السكر على جل النشا:

بزيادة كمية السكر المضافة لمحلول النشا نحصل على جل أكثر ليونة وشفافية، وبإضافة كمية كبيرة من السكر نحصل على سائل لزج بدلاً من جل وذلك نتيجة لأن السكروز يمتص الماء على جل ضعيف ويحدث التدميع Relnogradation نظراً لضعف مقدرة النشا على الاحتفاظ بالماء بوجود السكروز.

تأثير الأحماض على جل النشا:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

عند إضافة عصير الليمون "حامض الستريك" نجد أن النشا لا يكوّن جل، حيث تعمل الأحماض على تقليل حجم حبيبات النشا، وحبيبات النشا الأصغر من الحجم الطبيعي لا تكوّن جل.

تأثير التخزين على جل النشا:

بعد طهي النشا وتركه مدة زمنية يصبح أقل ذوباناً ويحدث تغير وتسمى العملية بالانفصال Retrogradation حيث يصبح لون المحلول معتماً وأقل لزوجة وأكثر مقاومة للأنزيمات وذلك نتيجة تجمع جزئيات الأميلوز على شكل سلسلة طويلة، ومن السهل التغلب على هذه الظاهرة باستخدام نشا شمعي خالي من الأميلوز. ويلاحظ أن ارتفاع نسبة الأميلوبكتين يقلل من حدوث هذه الظاهرة.

استعمالات النشا في الطهي:

يدخل النشا في تحضير الكثير من الأطباق، وسنبحث هنا، تحضير بعض الأطباق النشوية فقط، وهي كما يلي:

1- الصلصلة البيضاء:

تستعمل هذه الصلصة كأساس للعديد من الأطباق مثل صلصلة الكريما. ومكونات الصلصة البيضاء هي الدقيق والحليب وقليل من الزيت ويمكن إضافة بعض النكهات المرغوبة، وعند طهيها يجب أن يحافظ على قوام الكريم كما يجب أن تكون كثيفة وبدون تكتل ولها مذاق جيد. والصلصة البيضاء أنواع وهي:

1. الرقيقة: تتكون من (1) ملعقة مادة مكثفة و (1) ملعقة زيت وكوب سائل وتستعمل لشوربة الكريما.
2. المتوسطة: (2) ملعقة مادة مكثفة و (2) ملعقة دهن و(1) كوب ماء.
3. كثيفة: (3) ملاعق مادة مكثفة و(4) ملاعق دهن و(1) كوب ماء.
4. كثيفة جداً: (4) ملاعق مادة مكثفة و(4) ملاعق دهن و(1) كوب ماء.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وفي صنع الصلصة البيضاء يجب تحاشي تكتل النشا وذلك بفصل ألياف النشا، وهناك عدة طرق يتم بها فصل الألياف عن النشا لتجنب تكتله أثناء الطهي ومن هذه الطرق:

أ- لإعطاء الصلصة لزوجة ناعمة يضاف إليها كمية من الدهن المذاب تساوي نفس كمية النشا وتخلط جيداً معها.

ب- تفكيك النشا وذلك بغمس نشا القمح الأسمر في الماء البارد أو دهن المذاب، ويمكن أيضاً استعمال دهن اللحمة أو إضافة مكعب ماجي لإعطاء النكهة فتتكون صلصة (Gravy) بنية اللون.

2- شوربة الكريما:

وتصنع بطريقة الصلصة الرقيقة نفسها ويضاف إليها عصير الفواكه وقطع الخضار واللحم والبهارات، وإذا كانت الخضار نشوية، يجب حينها تقليل كمية النشا المستعملة.

3- شوربة البصل:

نحمر (4) حبات بصل بعد إزالة قشرتها الخارجية وفرمها في الزبدة ثم تضاف (6) ملاعق كبيرة من الدقيق إليها ويقلب الخليط بشكل مستمر حتى نحصل لون أصفر وليس أحمر، ثم تضاف (10) أكواب خلاصة لحم مسلوق مع استمرار التقليب بمضرب سلك، وبعدها يترك الحساء يغلي لمدة نصف ساعة تقريباً ثم يصفى بمصفاة لحجز البصل،، وبعدها يوضع فوق خبز (فرنجي) محمر أو فوق ملعقتين جبن مبشور ليقدم وهو ساخن.

4- السحلب:

وهو مشروب شائع الاستعمال في الأردن، يحضر بإذابة كمية قليلة من النشا في الحليب البارد ثم يضاف الخليط إلى الحليب الساخن والسكر ليطهى حتى يغلظ قوامه، ثم يضاف إليه جوز الهند المبشور والفستق الحلبي.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وتحدث بعض التغيرات الهامة في النشا أثناء أو بعد الطهي، مثل:

1. جلتنة النشا (Gelatinization).
2. تكتل النشا (Lumping).
3. تراجع أو انفصال النشا (Retrogradation).
4. النشا المعدل (Modified Starches).

البكتين: Pectin

يعتبر البكتين من المواد المهمة في الصناعات الغذائية، تقع المواد البكتينية في الصفيحة الوسطى (Middle Lamella) للجدار الخلوي في النباتات وللمواد البكتينية طبيعة غروية وقابلية عالية على امتصاص كميات كبيرة من الماء لهذا نجد أن للمواد البكتينية دوراً مهماً في نمو النبات حيث تقوم بامتصاص الماء بسرعة وتنقله بين الخلايا بسهولة أكثر من نقله بواسطة الخاصية الأسموزية.

تقع المواد البكتينية ضمن السكريات المتعددة غير المتجانسة وتكون متحدة عادة مع السليلوز لتكون ما يسمى بالبروتوبكتين (Protopectin) أو ما يسمى أيضاً بالبيكتوز (Pectose).

التركيب الكيميائي:

يعتبر حامض الجالاكتيورونيك الوحدة البنائية للبكتين. ولقد وجد أن البكتين المأخوذ من جميع المصادر يحتوي على D- حامض جالاكيتورونيك والبكتين و D- كالاكتوز و L-ارابينوز و L- رافنوز.

تكون بعض المجاميع الكاربوكسيلية العائدة لأحماض الجلاكتبورونيك متأكسدة جزئياً مع الكحول الميثلي يتحرر البروتوبكتين عند تسخين بعض النباتات الغنية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

بالبكتين في ماء حامضي وينفصل عن السليلوز ومن ثم يتحلل البروتوبكتين إلى بكتين والذي يذوب في الماء بسرعة.

أما في الأنسجة النباتية فيتم تحلل البروتوبكتين خلال عملية إنضاج الفواكه بمساعدة أنزيم يدعى (Protopectinase) وهنالك علاقة طردية بين فترة إنضاج الفواكه وتحول البروتوبكتين غير الذائب إلى مواد بكتينية ذائبة.

جدول يوضح نسبة المواد البكتينية في بعض الأنسجة النباتية

المـــادة	بكتين ٪
بطاطا	2.5
بندورة	3.0
تفاح	7-5
بذور التفاح	20-15
جزر	10
عباد الشمس	25
بنجر سكري	15-20
الحمضيات	35-30

يترسب البكتين بسهولة من المحاليل المائية بواسطة الكحول والأسيتون أو بالفعل المشترك لكبريتات الألمنيوم وهيدروكسيد الأمونيوم.

درجة الجل:

يتراوح الوزن الجزئي للمواد البكتينية بين 10000-400000. تكون البكتينات سوائل لزجة في الماء وتزداد هذه اللزوجة بطول السلسلة البكتينية ودرجة الأسترة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تكون المواد البكتينية هلاماً مع السكر بوجود الحافض ولهذا أهمية كبيرة في صناعة الجلي والمربي ويقوم السكر بمنافسة المواد البكتينية على الماء، وتقدر نوعية المواد البكتينية للاستعمالات الصناعية عادة بما يسمى درجة البكتين (Pectin Grade) وهي عبارة عن نسبة عدد أ جزاء السكر المضافة إلى جزء واحد من البكتين للحصول على هلام ذي قوام مقبول.

إن الظروف المناسبة لإنتاج هلام كهذا تعتمد على وجود PH يتراوح ما بين 3.2-3.5 نسبة السكر 65-70٪ والبكتين من 0.2-1.5٪ .

تصنيف البكتين:

يصنف البكتين حسب سرعة تكوين الهلام فالبكتين الذي يكون الهلام بسرعة يكون محتوياً على حوالي 7٪ من مجاميع **الميثوكسيل**.

وتعتمد قوة الهلام على الوزن الجزيئي للبكتين حيث كلما ازداد الوزن الجزيئي كان تركيب الهلام أقوى، ولا تتأثر قوة تركيب الهلام بالنسبة الموجودة من مجاميع الميثوكسيل.

تكون حالة الجل:

هنالك عدة نظريات حول تكوين الهلام (الجل)، منها ما يقول بأن البكتينات عبارة عن مواد محبة للماء (Hydroplilic) لاحتوائها على المجاميع القطبية. ووظيفة الماء في تكوين الهلام هي إذابة السكر والحامض الضروريين لتكوينه. كذلك يعمل الماء على تشتيت البكتينات وتكوين المحاليل الفردية التي تحافظ على ثباتيتها بواسطة الشحنات السالبة الناتجة عن تأمين مجاميع الكربوكسيل، ويعتبر الحامض ضرورياً لتكوين الجل ووظيفة هذا الحامض هي إعطاء أيونات الهيدروجين التي تعمل على تعادل الشحنات الموجودة على البكتينات مما يؤدي إلى ترسبها. ويساعد السكر في

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

عملية الترسيب حيث يقوم بمنافسة البكتينات على الماء الموجود، أي أنه يعمل كـ dehydrating agent.

ويترتب على هذين الفعلين ترسيب. البكتين على شكل خيوط رفيعة منتشرة في المحلول السكري ثم تقوم هذه الخيوط بربط المحلول السكري في حالة متماسكة وتعمل ما يسمى بنسيج البكتين (Pectin net work).

ومن هذا يتضح أنه يجب توفر كميات كافية من البكتين وتوفر تراكيز معينة من السكر والحامض لتكوين الهلام (الجل) بالشكل المرغوب، ومن العوامل المؤثرة على ذلك:

1- تركيز أيونات الهيدروجين:

تكون معظم بكتينات الفواكه هلام على PH يتراوح ما بين 2.8-3.8 ويصعب تكوين الهلام عند ارتفاع الـ PH أكثر من 3.5.

وهنالك علاقة طردية بين ارتفاع الـ PH والوقت اللازم لتكوين الهلام. وبالمقابل يتكون الهلام على درجة حرارة أعلى إذا انخفض الـ PH عن 2.8 لقد وجد أن قوة الهلام (الجل) المتكونة تزداد عندما يتراوح PH ما بين 1.9-2.5 في حالة نقصان درجة استرة المادة البكتينية من 75٪ إلى 55٪.

2- تركيز السكر:

يتكون الهلام بوجود تراكيز سكرية تتراوح ما بين 40-70٪ لكن تركيز السكر الأمثل لعمل الهلام يقع ما بين 60-65٪ ويعتمد تركيز السكر المستعمل في تكوين الهلام على نوعين من البكتين المستعمل وتركيز أيونات الهيدروجين ووجود الأملاح.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3- تركيز المادة البكتينية:

يعتمد تركيز البكتين في الهلام الناتج على مقدار ما ينجز من الماء خلال عملية طبخ الجلي، فكلما كان البكتين منخفضاً لزم زيادة فترة طبخ الجلي للتخلص من الماء الزائد.

4- تحتاج المواد البكتينية المحتوية على نسبة عالية من مجاميع المثيل إلى السكر لتكوين الهلام (الجل)، وتقل نسبة السكر المستعملة في تكوين الهلام عندما تقل نسبة مجاميع المثيل في المادة البكتينية بشرط وجود أيونات ثنائية كأيونات الكالسيوم (Ca++)، ويعتقد بأن هذه الأيونات تعمل كجسر لربط مجموعتي كربوكسيل لجزيئين بكتينيتين وبهذا تساعد على تكوين ما يسمى بالنسيج البكتين Pectin network.

وتحتوي النسبة المئوية لمجاميع المثيل (الميثوكسيل) الموجودة في البوليمر الواحد الجل الجيد على حوالي من 7-8٪ من مجاميع المثيل.

استعمالات البكتين:

- يستعمل في صناعة المربات "كمادة مصلبة".
- يستعمل لرفع درجة اللزوجة كما في صناعة عصير البندورة.
- يستعمل في تعليب الفواكه والخضروات.
- كمادة مستحلبة مع زيت غذائي في صناعة الآيس كريم.
- يستعمل مع الحليب لمنع تكوين الخثرة وذلك عند خفض درجة الحموضة إلى 3.5.

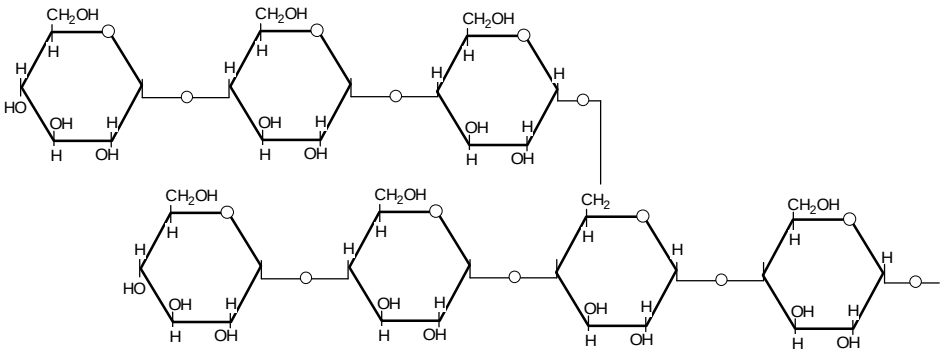
الجليكوجين (Glycogen)

يعتبر المخزن الرئيسي للكربوهيدرات في الحيوانات بحيث يخزن أساساً في الكبد والعضلات ويتواجد الجليكوجين في السيتوبلازم الجلوي على شكل حبيبات حيث تحتوي على الأنزيمات التي تحفز تخليقها بجانب بعض الأنزيمات التي تنظم هذه العمليات الحيوية.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ويشبه في تركيبه تركيب الأميلوبكتين (في النشا) إلا أنه أكثر تفرعاً حيث ترتبط الوحدات مع بعضها بواسطة روابط جليكوسيدية 4.1 وبواسطة روابط جليوكسيدية 1، 6 عند نقطة التفرع.

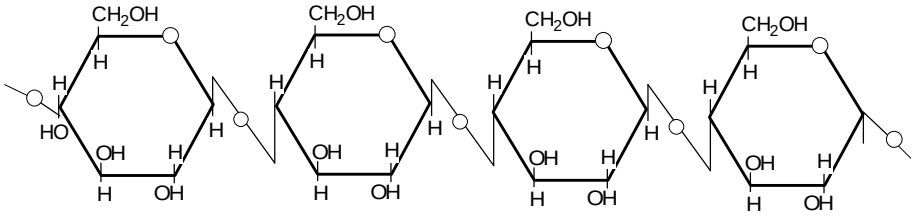
تركيبة فرعين لجزئ الجليكوجين



السيليوز Cellulose

- يكون جدار الخلايا النباتية وبذلك يعتبر مثال للسكريات العديدة النباتية حيث يكون السليلوز الياف النبات التي تجعل قوامه متماسكاً.
- لا يذوب في الماء ولا يهضم في القناة الهضمية للإنسان يتميه بواسطة حامض الكبريتيك ليعطي D-glucose بينما التحلل الجزئي يعطي سيلوبيوز.
- يتكون من وحدات بيتا جلوكوز متحدة مع بعضها بواسطة روابط جليكوسيدية من نوع 1، 4 (بيتا جليكوسيدية).
- يتكون من سلسلة مستقيمة فقط، لا يوجد به أي تفرع.
- يعتبر هام جداً في الأمعاء لأنه يشجع انقباضها.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



جزء من سلسلة السليلوز

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2

الوحدة الثانية

البروتينات

Proteins

الوحدة الثانية
البروتينـــــات
Proteins

مقدمة

تتكـون البروتينـات مـن أحمـاض أمينيـة مرتبطـة مـع بعضـها الـبعض بواسطة روابـط ببنيديـة، وهـي ذات أوزان جزئيـة عاليـة، والبروتينـات عبـارة عـن عديدات يتبد.

أهمية البروتينات في الصناعات الغذائية

1- تـدخل في تركيـب الجلـد والشـكر والأظـافر، والهرمونـات وجـدران الأوعيـة الدموية والأنسجة الرابطة والأنزيمات.

2- لها وظـائف وقائيـة ضـد الفيروسـات والبكتيريـا وتسـمى هـذه البروتينـات أجسام مضادة.

3- تعمـل كعناصـر أساسـية في الـتقلص والانبسـاط (بـروتين اللاكتـين والميوسين).

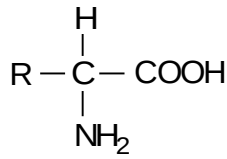
4- المحافظة علـى الضـغط الأسـموزي للـدم وعلـى حموضـة الـدم بشـكل طبيعـي (7.4).

5- تساهم في نقل المركبات الحيويـة بـين الأعضـاء والأنسـجة المختلفـة داخـل الجسم الحي.

التركيب الكيميائي

تعتبر الأحماض الأمينية الوحدات البنائية الأساسية للبروتينات حيث يستدل على ذلك من التحلل المائي للبروتينات النقية بالوسائل الكيميائية أو بواسطة الأنزيمات. فيمكن مثلاً تحلل البروتين مائياً إلى الأحماض الأمينية بالتسخين مع حامض الهيدروكلوريك HC1 وعزل الأحماض الأمينية من نواتج التحلل المائي بشكل هيدروكلوريدات. وفيما عدا التربيتوفان Tryptophan، فإن كل الأحماض الأمينية الطبيعية ثابتة تجاه هذه المعاملة بالأحماض القوية، كما ويمكن تحل البروتينات مائيا بواسطة القلوي NaOH.

الصيغة العامة للأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعية هي:

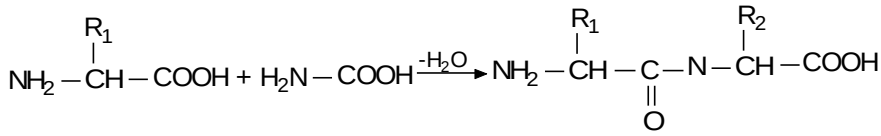


للأحماض الأمينية الموجودة في البروتينات صفة مشتركة وهي ارتباط مجموعة كاربوكسيل واحدة (-COOH) ومجموعة أمينية واحدة ($-NH_2$) بذلة الكربون المسماة (الفا)، حيث أن أغلب الأحماض الأمينية من نوع الفا (α-amino acids) والتي لها تأثير كبير في تقرير الخواص الطبيعية والكيميائية للبروتينات.

ويتميز كل حامض أميني أيضاً باحتوائه على مجموعة طرفيه خاصة تدعى (R-group).

الأحماض الأمينية والرابطة اللبتيدية:

تتحدد الأحماض الأمينية مع بعضها في تكوين البروتينات خلال روابط أمايدية (amide bonds) التي تتكون بين مجموعة الكاربوكسيل (الفا) والمجموعة الأمينية وتسمى هذه الروابط بالروابط البيتيدة (Peptide linkages):



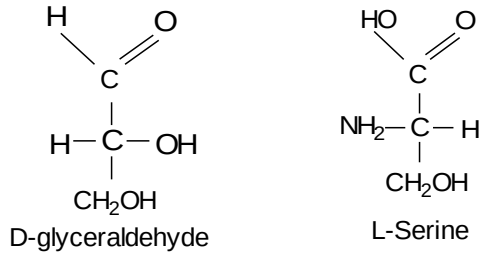
تسمى المواد الناتجة من تكوين الروابط الببتيدية-بالبيتيدات (Reptides) بينما يطلق على وحدات الأحماض الفردية للببتيدات متخلفات (Residues) ويطلق على اللبتيدة المتكونة من حامضين امينيين بالببتيدة الثنائية (dipeptide) وتلك التي تحتوي على عدة أحماض أمينية بالببتيدية المتعددة (Polypeptide).

يكتب التركيب الكيميائي عادة للببتيدات بوضع المجموعة الأمينية الطرفية –الفا (N-terminus) إلى اليسار بينما توضع المجموعة الكربوكسيلية الطرفية المجموعة الكربوكسيكية الطرفية-الفا (C-terminus) إلى اليمين.

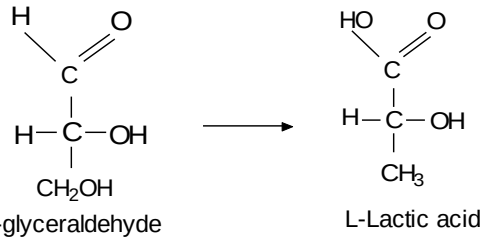
تكون الروابط اللبتيدية الموجودة في البروتينات مقاومة نوعا ما للتحلل وتستعمل الحوامض أو القواعد القوية ولفترة طويلة لإكمال التحلل. وتقوم بعض الأنزيمات المتخصصة بتحليل البروتينات على درجات حرارية معتدلة وبوقت قصير جداً مقارنة بالأحماض والقواعد.

يفضل التحلل الحامض للبروتينات على التحلل القاعدي، لأن القواعد تحول الأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعة على هيئة (L) إلى خليط راسيمي (Racemic Mixture) يحتوي على الهيئتين (D and L). يؤدي تحلل البروتينات بواسطة الأحماض إلى تحطم معظم التربيتوفان وتحطم بعض السيرين والثريونين وكذلك تحطم الكلوتامين والاسبارجين، بينما يؤدي التحلل القاعدي إلى تحطم الأرجنين والسستين والستاين والاسبارجين والكلوتامين.

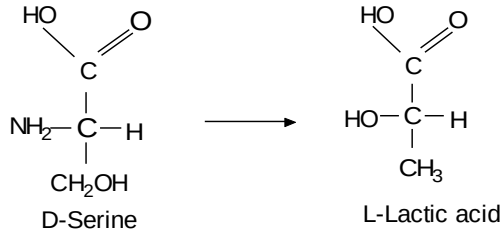
لجميع الأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعة نفس التوزيع الفراغي وأصبح بالإمكان وجود مركبين مختلفين لهما نفس الصيغة. فجميع الأحماض الأمينية بالنسبة لـ D- جليسر الدهيد توزيع فراغي معاكس هو التوزيع -L.



والمركب الرئيسي في إيجاد العلاقة بين L- سيرين و D- جليسر ألدهايد هو حامض D- لاكتيك D-Lactic acid. حيث أمكن تحويل D-كليسر الديهايد إلى حامض D-لاكتيك دون إرباك التوزيع الفراغي حول ذرة الكربون الفا.



إن استعمال الحرفين D و L يعود إلى التوزيع الفراغي المطلق لهذه المركبات ولا يعطي أية معلومات عن اتجاه دوران هذه المركبات الفعالة بصريا اتجاه الضوء المستقطب.



تسمية الأحماض الأمينية:

لتسمية الأحماض الأمينية بصورة مختصرة، فقد أعطى لكل حامض أميني ثلاث حروف كما مبين في الجدول (3-1).

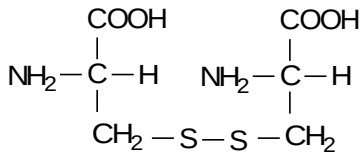
جدول (2-1) رموز الأحماض الأمينية

الحامض الأميني		الرمز
الأنيني	alanine	Ala
أرجنين	Arginine	Arg
اسبارجين	Aspargine	Asn
حامض اسبارتيك	Aspartic acide	Asp
سستين	Cysteine	Cys
كلوتامين	Glutamine	Gln
حامض كلوتاميك	Glutamic acid	Glu
كلايسين	Glycine	Gly
هستدين	Histidine	His
ايسولوسين	Isoleucine	Ile
لوسين	leucine	Leu
لايسين	Lysine	Lys
ميثايونين	Methionine	Met
فينل الانيني	Phenylalanine	Phe
سيرين	Serine	Ser
ثريونين	Thereonine	Thr
تريبتوفان	Tryptophan	Trp
تايروسين	Tyrosine	Tyr
فالين	Valine	Val

وتختلف المجاميع الطرفية للأحماض الأمينية بتركيبها وحجمها وميلها للتداخل مع الماء وهذا مما يعطي مؤشراً لقطبيتها (Polarity). ولقد وجد أن أفضل طريقة لتصنيف الأحماض الأمينية تكون على أساسين قطبية المجموعة الطرفية للحامض الأميني في الماء وعلى درجة التعادل (PH=7.0). وبناء على ذلك يوجد أربعة أصناف وهي:

1- الأحماض الأمينية اللاقطبية أو غير المحبة للماء nonpalar or hydrophobic ويدخل ضمن هذا الصنف الالانين واللوسين والايسولوسين والفالين والبرولين وكلها أحماض أمينية اليفاتية (aliphatic) كذلك الأحماض الأمينية الحاوية على حلقات عطرية (aromatic rings) مثل الفينل الانين والتربيتوفان والحامض الأميني المحتوي على الكبريت والمسمى ميثايونين.

2- الأحماض الأمينية القطبية عديمة الشحنة Palar but unbranched يضم هذا الصنف السيرين والثريونين والتايروسين والاسبارجين والكلوتامين والسستين والكلايسين. وللسستين (Cystine) دور خاص في تركيب البروتين حيث يمكن أن يقع أحد نصفيه في سلسلة ببتيدية والنصف الآخر في سلسلة مقابلة مما يؤدي إلى حدوث ما يسمى بالربط التشابكي (Cross-linked) بواسطة جسر الكبريت الثنائي.



Cystine

3- الأحماض الأمينية القطبية المشحونة ذات المجموعة الطرفية المجموعة الطرفية الحامضية Negatively Charged ويقع ضمن هذا الصنف حامضا الاسبارتيك والكلوتاميين وتكون محصلة الشحنة الكهربائية على هذين

الحامضين بدالة على درجة التعادل ويتكون الإيبارجين والكاوتامين من هذين الحامضين على التوالي.

4- الأحماض الأمينية الموجبة الشحنة ذات المجموعة الطرفية القاعدية Positively Charged تكون محصلة الشحنة الكهربائية على الحوامض الأمينية الواقعة ضمن هذا الصنف موجبة على درجة التعادل وتشمل اللايسين الذي يحتوي على مجموعة أمينية في ذرة الكربون الأيسلونية وكذلك تشمل الأرجنين الذي يحتوي على مجموعة الكواندين، وأيضاً يشمل الهستدين الذي يحتوي على مجموعة الأميدازول الضعيفة التأين.

تقسيم الأحماض الأمينية Chassification of Amino acids

لقد قسمت الأحماض الأمينية بعدة طرق، وأحد الأنظمة يقسمها تبعاً لتركيبها والآخر تبعا لعدد مجاميع الأمينو والكاربوكسيل التي تمتلكها وذلك كما يلي:

أ) أحماض أمينية متعادلة Neutral amino acids.

ب) أحماض أمينية حامضية Acidic amino acids.

ج) أحماض أمينية قاعدة Basic amino acids.

تقسيم الأحماض α الأمينية:

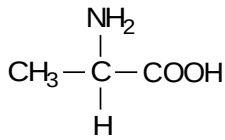
1- الأحماض الأمينية الأليفاتية Aliphatic amino acid

أ) أحماض أمينية أحادية الأمين أحادية الكربوكسيل Mono amino monocarboxylic

1. جلايسين gly

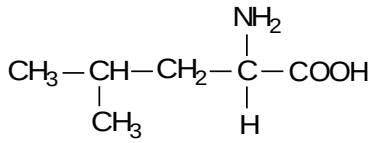
Glycine

2. الانين (Ala)



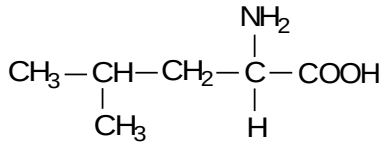
L-Alanin

3. فالين (Val)



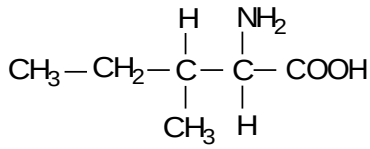
L-Valine

4. ليوسين (Leu)



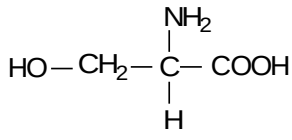
L-Leucine

5. ايزوليوسين (Ile)



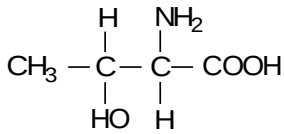
L-Isoleusine

6. سيرين (Ser)



L-Serine

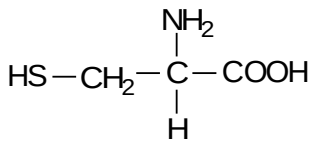
7- ثريونين (Thr)



L-Threonine

وتعتبر الأحماض أعلاه من الأحماض المتعادلة (Neutral amino acids) ويحتوي كل من الثريونين والايزوليوسين على ذرة كربون غير متناظرة أخرى، ولذلك يوجد كل منها في أبعة أشباه فراغية واحد منها يوجد في الطبيعة في البروتينات.

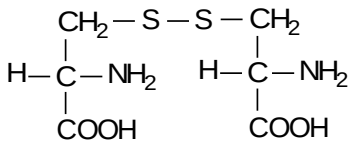
8. سيستايين (Cys)



L-cysteine

يتأكسد السيستايين بسهولة أثناء التحلل المائي إلى ثنائي الكبريتيد والسستين الذي يوجد في البروتينات وهو مهم في تعيين تراكيبها.

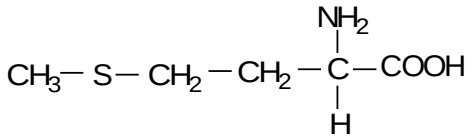
9. سيستين (Cys Cys)



L-Cystine

ويختزل السيستين بوجود العوامل المختزلة المناسبة إلى جزئيتين من السستايين.

10. ميثيونين (Met)



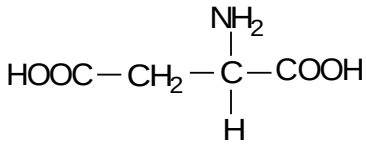
L-Methionine

إن السيستايين والسيستيين والميثيونين من الأحماض الأمينية المتعادلة والتي تحتوي على الكبريت Sulphur-containing amino acids.

ب) أحماض أحادية الأمين ثنائية الكربوكسيل

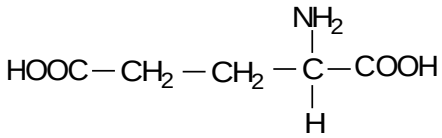
Monoamino dicarbaxylic acids

1- اسبارتيك (Asp)



L-Aspartic

2- جلوتاميك (Glu)

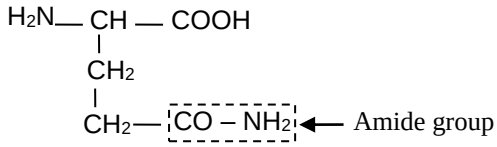


L-Glutamic

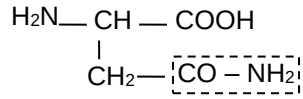
هـذه الأحمـاض الأمينيـة تحتـوي علـى مجموعـة كربوكسـيل إضـافية أصبحت محاليلها المائية التي تحتوي على الحامض الأميني الحر حامضية (Acidic amino acid). ويمكـن أن توجـد في الأنسـجة علـى صـورة أميـدات (Amides).

مثلاً: حامض لوتاميك (Glu) ← جلوتاميك (Gln).

حامض اسبارتيك (Asp) ← اسبارجين (Asn).



Glutamine

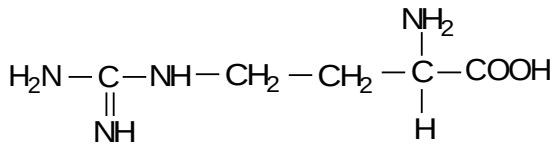


Aspargine

جـ) أحماض ثنائية الأمين أحادية الكربوكسيل

Diamino monocarboxylic acids

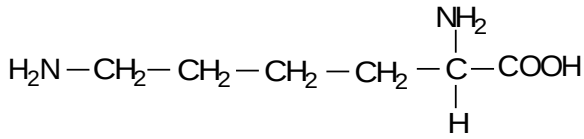
1- ارجنين (Arg)



L-Arginine

وهو حامض أميني قاعدي قوي بسبب مجموعة الكوانيدين وهو مكون لكثير من البروتينات وخاصة البروتينات القاعدية المعروفة بـ Protamines, Histones التي لها علاقة بالأحماض النووية في نوى الخلايا.

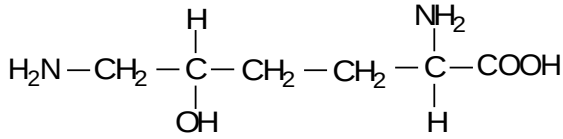
2- اللايسين (Lys)



L-Lysine

محلول اللايسين قاعدي لاحتوائه على مجموعة امين إضافية في تركيبة.

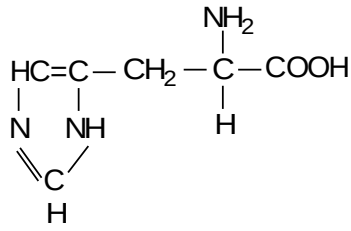
3- هيدروكسي لايسين (HyL)



L-Hydroxy Lysine

والهيدروكسي لايسين حامض قاعدي يوجد في البروتينات. وينحصر وجودة بالبروتين البنائي (الكولاجين) وبالبروتين المشتق (الجيلاتين).

4- الهيستيدين (His)

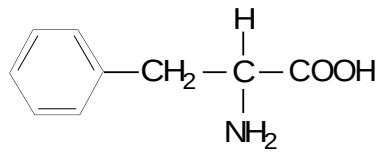


L-Histidine

يمتلك الهيستيدين حلقة ايميدازول ضعيفة القاعدية، ويمكن تصنيفه كحامض أميني غير متجانس الحلقة.

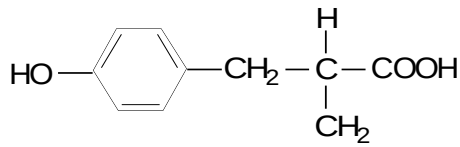
2- الأحماض الأمينية الأروماتية Aromalics amino acids

1. فينيل الأنين (phe)



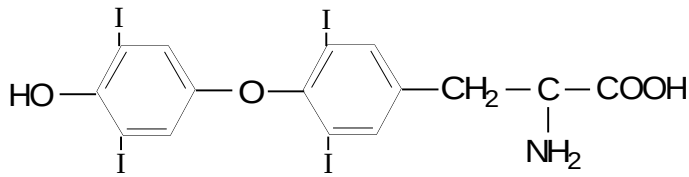
L-Phenylalanine

2. تيروسين (Tyr)



L-Tyrosine

3. ثيروكسين (Thy) هرمون الغدة الدرقية



Thyroxine

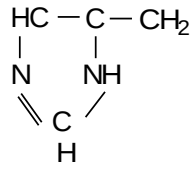
إن التيروسين والثيروكسين والفينيل الانين من الأحماض المتعادلة. ويعتبر التيروسين مع التربتو فان (Trp) مسؤولاً عن الامتصاص الشديد للضوء فوق البنفسجي في المنطقة 260-290mu الذي تظهره معظم البروتينات.

3- الأحماض الأمينية الاليفاتية المختلطة

Heterocyclic Aliphatic Amino acids

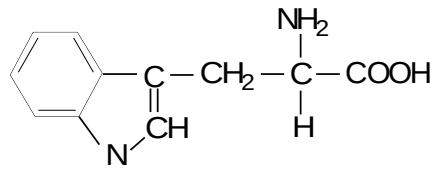
أ- أحماض أمينية أحادية الكربوكسيل Monocarboxylic acids

1. هستدين (His)



Imidazol group

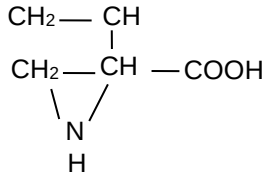
2. تريبتوفان (Trp)



L-Tryptophan

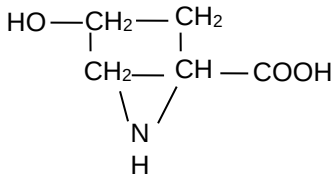
ب) أحماض α- ايمينو α-Imino acids

1. برولين (Pro)



L-Proline

2. هيدروكسي برولين (Hyp)



L-Hydroxyproline

وهناك حامضان أمينيان أخران هما الأورنثين ornithine والسترولين Citrulline كمواد وسيطة في سلسلة أعمال الهدم الحيوية المؤدية إلى تكوين اليوريا. والحامضان ليسا مكونين للبروتين بل يوجدان بشكر حر في الأنسجة الحيوانية.

هناك بعض الأحماض الأمينية يمكن تخليقها في الجسم فيمكن تقسيم الأحماض الأمينية كما يلي:

أ) الأحماض الأمينية الأساسية: Essential amino acids

وسميت بذلك لأنه لا يتم تخليقها في الجسم حيث يجب أن تؤخذ عن طريق الغذاء. والأحماض الأساسية هي:

1. فالين.
2. ليوسين.
3. ايزوليوسين.

4. ثريونين.
5. ميثيونين.
6. ارجنين.
7. لايسين.
8. فينيل الانين.
9. تربتوفان.
10. هستدين.

إن بعضا من الأحماض الأمينية الأساسية يمكن أن تتكون في الجسم بكميات بسيطة والتي لا تكون كافية للمتطلبات الفسيولوجية، وهذه الأحماض تسمى بالنصف أساسية Semi-essential amino acids.

ب- الأحماض الأمينية غير الأساسية: Non-essential amino acids

حيث تخلق في الجسم ومن غير الضروري أن تؤخذ في الوجبة الغذائية ولذلك تسمى بالغير ضرورية (non-essential) وبعض هذه الأحماض مثل الجليسين، الجلوتاميك، السيرين تكون أكثر أهمية من الأحماض الأساسية.

والأحماض الأمينية الغير أساسية هي:

1. جلايسين.
2. الانين.
3. سيرين.
4. برولين.
5. حامض الجلوتاميك.
6. هيدروكسي برولين.
7. تيروسين.
8. سيستايين.
9. سيستين.
10. حامض الاستبارتيك.

تقسيم البروتينات

تقسم البروتينات إلى:

1. بروتينات بسيطة.
2. بروتينات مركبة أو مرتبطة.
3. بروتينات مشتقة.
4. بروتينات الليفية والكروية.

أولاً: البروتينات البسيطة

وتحتوي هذه البروتينات على أحماض أمينية فقط وتضم هذه:

1-الألبومينات Albumines

تنحل في الماء وتتخثر بالحرارة، تترسب بوساطة كبريتات الأمونيوم، توجد في بياض البيض وفي مصل الدم.

2- الغلوبيولينات Globulines

تدخل في محاليل الأملاح المحددة، تتخثر بالحرارة، تترسب بوساطة كبريتات الأمونيوم توجد في بياض البيض ومصل الدم وميوسين العضلات.

3- البروتامينات Protamines

تحتوي على كمية كبيرة من الارجنين واللايزين، وتوجد في خلية متحدة مع الأحماض النووية مكونة نيوكليوبروتينات، تذوب في الماء وهيدروكسيد الامونيوم كما أنها لها دور فعال في عملية انتقال الصفات الوراثية من خلية إلى أخرى وفي تنظيم بعض التفاعلات الحيوية.

4- الهستونات Histones

تتمتع بخواص قلوية أضعف مما هي عليه عند البروتامينات، توجد في النوى الخلوية وفي الغدة الدرقية وفي بروتينات الكريات الحمراء عند الإنسان وتحتوي على

الهستيدين واللازين كما أن لها دور فعال في عملية انتقال الصفات الوراثية من صفية إلى أخرى، وفي تنظيم بعض التفاعلات الحيوية.

5- الغلوتيلينات Glutelines

لا تنحل في المحاليل المائية المتعادلة، تنحل في الأحماض والقواعد الضعيفة توجد في الأنسجة النباتية.

6- البرولامينات Prolamines

وهي بروتينات نباتية غنية بحامض الغلوتاميك، وتوجد في الحبوب.

7- الكولاجين Collagen

يوجد في الغضاريف والأربطة والأوتار والعظم، غني بالغلايسين والبرولين وهيدروكسي برولين، واللايزين وهيدروكسي لايزين، وعند غلي الكولاجين يحوله إلى جيلاتين Gelatin.

8- الالستين Elastin

يشبه الكولاجين ولكن عند غليه لا يعطي جيلاتين.

9- الكيرانين Keratin

يوجد في الشعر والأظافر ويحوي على كمية كبيرة من السستين والكيراتين لا ينهضم.

10- الفيبرين Fibrin

يستخرج من يرقات دودة الحرير، جزئيته عبارة عن سلسلة ببتيدية متعددة خيطية الشكل مرتبطة بروابط هيدروجينية وروابط ثنائية الكبريت.

ثانياً: البروتينات المركبة أو المرتبطة

وهي التي تعطى عند تحللها أحماضاً أمينية ومركبات عضوية أو غير عضوية وتدعى مجموعات الإضافة وتشمل ما يلي:

1- البروتينات الملونة Chromproteins

ومثالها الهيموغلوبين، ويدخل الهيموغلوبين في تركيب كريات الدم الحمراء. ويتألف الهيموغلوبين من بروتين يسمى غلوبين Globin وجزء ملحق هو الهيم Heme.

2- البروتينات الفوسفورية Phosphoproteins

يدخل في تركيبها إضافة إلى جزيئة البروتين حامض الفوسفور ومثالها الكازئين الموجود في الحليب وكذلك في مح البيض.

3- البروتينات الدهنية Lipoproteins

تدخل الدهون في تركيب هذه البروتينات إضافة إلى البروتينات وتوجد في مصل الدم والأنسجة الدماغية والبيض.

4- البروتينات السكرية

وتحوي على سكاكر متعددة مخاطية إضافة إلى البروتين ومثالها α,β,γ غلوبيولين، مخاط اللعاب.

5- البروتينات النووية Nucleoproteins

توجد في نوى الخلايا الحية وتكون مرتبطة مع الأحماض النووية مثل RNA و DNA.

6- البروتينات المعدنية

يدخل في تركيبها بعض المعادن مثل الحديد والنحاس والمغنيسيوم إضافة إلى البروتينات ومثالها الفيرتين Ferrtin والهيموغلوبين وحامض الاسكوربيك والسيروبلازمين.

7- الأنزيمات

وتتألف من جزء بروتيني Apoenzyme وجزء لا بروتيني ملحق يسمى Coenzyme.

ثالثاً: البروتينات المشتقة

وهي بروتينات مشتقة من البروتينات البسيطة أو المركبة نتيجة تحللها أو تخزينها وتقسم إلى:

أ) مشتقات بروتينية أولية:

وتنتج هذه عن تغير في تركيب البروتين من دون تحلل وتشمل:

1- ميتابروتين Metaprotein: وتنتج عن تخرب البروتين بالأحماض والقواعد ومثالها الجيلاتين وهو مشتق الكولاجين.

2- بروتينات متخثرة: ومثالها تخثر الالبومين والغلوبيولين بالحرارة.

ب) مشتقات بروتينية ثانوية:

1- البروتوزات Proteosis: وتنتج عن تحلل البروتين الجزئي، وقد تكون أولية أو ثانوية.

2- الببتونات Peptones تنحل في الماء ولا تترسب بوساطة كبريتات الأمونيوم.

3- الببتيدات Peptides.

4- الأحماض الأمينية Amino acids.

رابعاً: البروتينات الليفية والكروية

تصنف البروتينات تبعاً لصفاتها الفيزيائية إلى:

1- بروتينات ليفية:

وهي بروتينات عديمة الذوبان في الماء وتقاوم حتى هضم الأنزيمات المحللة ولها وظائف تركيبية أو وظائف وقائية وتشمل:

أ. الكولاجين Collagen.

ب. الالاستين Elastin.

ج. الكيراتين Keratin.

2- بروتينات كروية

تذوب في الماء والمحاليل الملحية. تمتاز بكثرة التفافها مكونة أشكالاً كروية وتشمل الأنزيمات. الهيموغلوبين والألبومين والهستون والبروتامين.

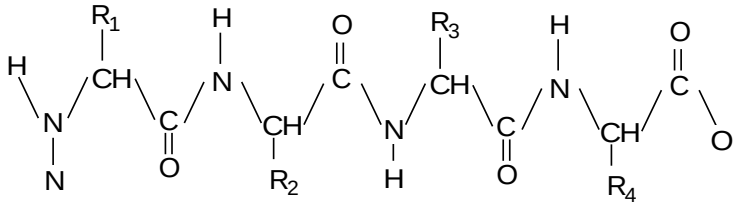
كيفية بناء البروتينات من الأحماض الأمينية

البنية التركيبية للجزيئات البروتينية

تعد البروتينات ذات تراكيب معقدة وهناك أربعة تراكيب للبروتينات:

1- البنية الأولية Primary Structure

عبارة عن بروتين تكون فيه الأحماض الأمينية فيه مرتبة ترتيباً خطياً، ومرتبطة بروابط ببتيدية. ويمكن تمثيل البنية الأولية بالشكل التالي:



2- البنية الثانوية Secondary Structure

يتضمن التركيب الثانوي للبروتين كيفية التواء سلسلة متعدد الببتيد لتعطي أشكالاً نوعية ثابتة عن طريق الرابطة الهيدروجينية. وهناك نموذجان من حالة الالتواء التي تشمل التركيب الثانوي وهي:

أ) المنحنى الحلزوني (α-Helix)

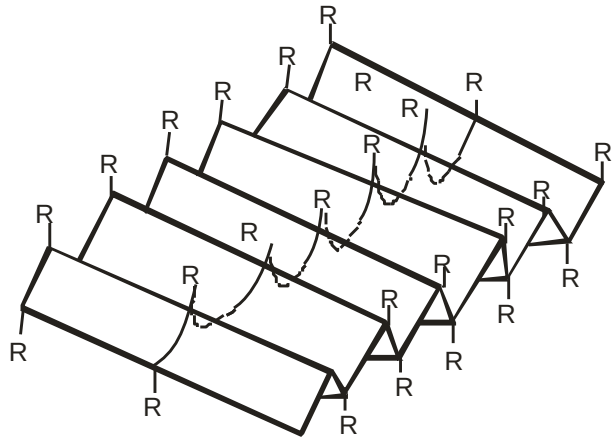
يتميز المنحنى الحلزوني بوجود 6، 3 وحدة حامض أميني لكل دورة من المنحنى وتبرز المجاميع R إلى الخارج من العمود الفقري المتعدد الببتيد.

إن التركيب الحلزوني ناجم عن وجود الرابطة الهيدروجينية التي تربط أكسجين الكربوكسيل ونيتروجين الأميد. وتكون الرابطة الببتيدية منتظمة بتعاقب مسافاتها مما يسمح للبروتين، أن يأخذ شكلاً حلزونيا يدعى أحياناً الحلزون الفا يمين الاتجاه والذي يكون مستقراً بسبب الرابطة الهيدروجينية.

والمثال على ذلك Keratine.

ب) الصفيحة المطوية (Pleated sheet)

تترسب السلاسل الببتيدية على امتداد بعضها البعض لتكون أشكالاً يطلق عليها الصفيحة المطوية، وتكون هذه الصفائح مستقرة بوساطة الرابطة الهيدروجينية التي تربط المجموعة CO مع NH، وتكون مجاميع R واقعة في أعلى الصفائح وأسفلها، ومثالها الحرير الطبيعي.



شكل 2-2 الصفائح المطوية لسلاسل الببتيد

3- البنية الثلاثية (Tertiary Structure)

يتضمن التركيب الثلاثي للبروتين البعد الثلاثي للبروتين الكروي، الناجم عن تداخل المجاميع الجانبية R مع بعضها، بحيث تجعل سلسلة متعددة الببتيد مطوية بشدة ومكثفة بصورة مرصوصة على هيئة كرة صوف النسيج. يعزى استقرار التركيب الثلاثي إلى الروابط والقوى التالية في البروتين:

أ) الرابطة الهيدروجينية.

ب) رابطة ثنائي الكبريت.

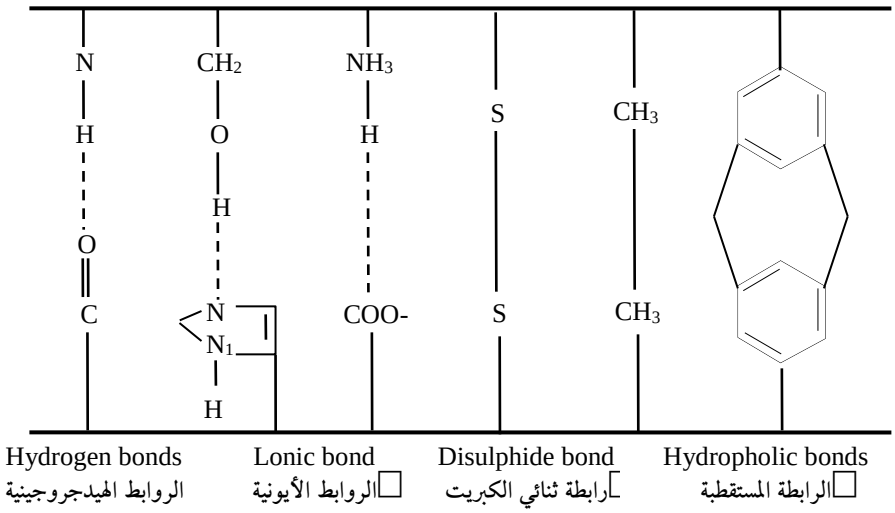
ج) الروابط الأيونية.

د) قوى فاندرفال.

ه) التداخلات الكارهة للماء.

ومثاله الميوغلوبين.

القوى الموجود في البروتين.



4- البنية الرباعية (Quanternary Structure)

إذا احتوى متعدد الببتيد على أكثر من سلسلة ببتيدية، فإن البروتين ينتمي إلى التركيب الرباعي، والتركيب الرباعي هو ترابط مجموعة الوحدات الثانوية للبروتين Protein Subunits سواء كانت متشابهة أم غير متشابهة لتكون ما يسمى بوليمير صغير.

يتميز التركيب الرباعي بالصفات العامة الآتية:

أ) يتكون البروتين الرباعي من وحدات ثانوية مترابطة مع بعضها بقوى غير تساهمية.

ب) لكي يبدي البروتين الرباعي نشاطه الحيوي يجب أن تكون الوحدات الثانية مجتمعة التركيب.

ج) إن الأنزيمات التي تشتغل على نفس مادة الأساس، وتعطى نفس النتائج، ولكن خواصها الحركية Kinetic مختلفة تدعى متشابهة الأنزيم Isoenzyme ومثالها Lactate dehydrogenase ويمكن فصل

متشابها الأنزيم بوساطة الرحلان الكهربائي Electrophoresis، ومن الأمثلة على التركيب الرباعي هو الهيموغلوبين.

الخواص الكيميائية والفيزيائية للأحماض الأمينية

1- الخواص الحامضية والقاعدية:

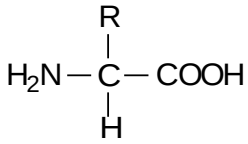
هناك بعض الخواص للأحماض الأمينية بإمكانها أن تعطي فكرة عن تكريبها في الحالة الصلبة أو في المحلول. فباستثناء القليل منها نجد أن الأحماض الأمينية كثيرة الذوبان في الماء وغير ذائبة في المذيبات العضوية غير القطبية مثل الايثر والكلوروفورم والأسيتون مما يدل على وجود مجاميع عالية القطبية في تراكيبها.

للأحماض الأمينية نقاط انصهار عالية وقد تؤدي إلى تجزؤها مما يدل على أن لها صفة الأملاح.

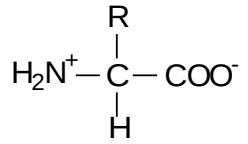
إن معرفة الخواص الحامضية –القاعدية للأحماض الأمينية ذات أهمية قصوى في فهم العديد من صفات البروتينات. كذلك فإن عمليات فصل وتقدير والتعرف على الأحماض الأمينية المختلفة، وهي خطوات أساسية في الكشف على ترتيب الأحماض الأمينية في جزئ البروتين، تعتمد على سلوك الأحماض الأمينية الخاصة في أوساط حامضية قاعدية.

يمتلك الحامض الأميني الحر النموذجي مجموعتين على الأقل يمكنها العمل كمستقبلات أو مانحات البروتون وهما مجموعة الأمينو ومجموعة الكربوكسيل. يشير تسحيح الحامض الأميني البسيط بحامض وقاعدة بأن مجموعة α- امينو توجد بشكل مجموعة α- امونيوم قيمة (10 pka) وأن مجموعة الكربوكسيل

توجد كمجموعة كربوكسيلان قيمة (Pka التقريبية2). وتوجد الأحماض الأمينية في المحاليل المائية على هيئة dipolar ions أو هيئته المتأنية بصورة أيون زفيتر (Zwitter ion).

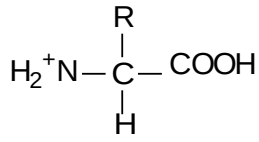


هيئة غير متحللة



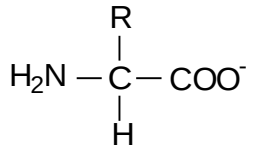
هيئة أيون زفيتر أو ثنائية القطب

عند Ph مخفضة تتواجد الصورة الكاتيونية



الصورة الكاتيونية

وعند PH وسطي فإن الحامض الأميني يتواجد كايون زفيتر. أما عند PH عالي فإن الحامض الأميني يكون في الصورة الأنيونية:



الصورة الأنيونية

وعند منتصف المسافة بين Pka الصورة الكاتيونية Pka الصورة الأنيونية توجد نقطة التعاون الكهربائي (PI) للحامض الأميني التي عندها لا يحمل شحنة صافية ويكون بصورة أيون زفيتر.

ومن خواص الأحماض الأمينية أنها تسلك سلوك حامضي (واهبة بروتون) أو سلوك قاعدي (قابلة بروتون) فعلى سبيل المثال لو أخذنا حامض الالانين:

أ) كأحماض $^{+}NH_3CH(CH_3)COO^{-} \leftrightarrow H^{-}+NH_2CH(CH_3)COO^{-}$

ب) كقاعدة $H^{+}+{}^{+}NH_2CH(CH_3)COO^{-} \leftrightarrow {}^{+}NH_3CH(CH_3)COOH$

ويطلق على المواد التي تسلك السلوك الحامضي والقاعدي امفوتيرك (amphoteric) أو امفولايت (ampholytes) وهذا الاصطلاح هو اختصار لـ (amphoteric electrolytes) ويمكن تفسير الامفولايت على ضوء نظرية برونستد-لوري الخاصة بالحوامض والقواعد فمثلاً لو أخذنا حامض الالانين كمثال، لوجدنا أنه يحتوي على مجموعة أمينية واحدة ومجموعة كربوكسيلية واحدة ويطلق على حامض كهذا ثنائي البروتونات (diprotic) بسبب أنه في حالة تشبع الالانين بالبروتونات فإنه لا يستطيع أن يأخذ أكثر من بروتونين لتشبعة، أي أن المجموعة الأمينية تأخذ بروتون والمجموعة الكربوكسيلية تأخذ البروتون الآخر، وعند التسحيح الكامل لحامض الالانين مع هيروكسيد الصوديوم، يفقد الالانين بروتونين، كما موضح في المعادلتين.

$$^{+}NH_3\ CHRCOOH \rightarrow {}^{+}NH_3\ CHRCOO^{-}+H^{+}$$

$$^{+}NH_3\ CHRCOO^{-} \rightarrow NH_2\ CHRCOO^{-}+H^{+}$$

تتشابه منحنيات تسحيح جميع الأحماض الأمينية المحتوية على مجموعة أمينية ومجموعة كربوكسيلية واحدة، وتكون جميعها مشابهة لمنحنى تسحيح الالانين، وتشمل هذه الحوامض الأمينية كلا من اللايسين واللوسين والايزولوسين والفالين.

2- الخواص الكيميائية للأحماض الأمينية

Chemical Properties of Amino Acids

إن أهم خاصية كيميائية للأحماض الأمينية هي قدرتها على أن تسلك كالكتروليتات بالنظر لوجود مجاميع قادرة على التأين في جزيئاتها. تنتج الخواص الكيميائية العامة للأحماض الأمينية بالنسبة إلى أغلبها بسبب تجاور المجموعة الكربوكسيلية مع المجموعة الأمينية في الجيئة إضافة إلى ذلك وجود السلسلة الجانبية الفعالة وهذا ما يوضح أن قسماً من الأحماض الأمينية يملك صفات خاصة.

أ) تفاعلات مجموعة الكربوكسيل (-COOH):

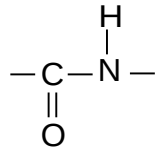
إذا تركنا جانباً من خواص الأحماض فيما يتعلق بميكانيكية التأين فإن وجود المجموعة الكربوكسيلية يعطي للأحماض الخواص العامة للأحماض العضوية.

أ- الأسترة بواسطة الكحول وبوجود حامض قوي:

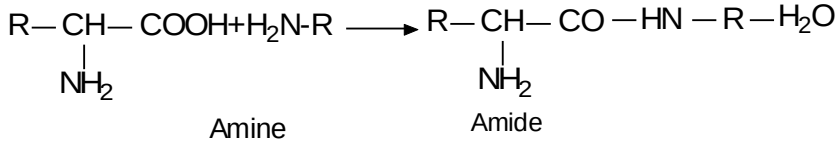
$$R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH + R-OH \xrightarrow{(H)^+} R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COO-R-H_2O$$

والاسترات عبارة عن سوائل يمكن تقطيرها تحت ضغط منخفض. وخلال الوقت فإنها تعاني بلمرة أو تكثيف ابتداء من جزيئتين مما ينتج عنه أميدات حلقية. وفي جزيئات البروتينات ترتبط مجموعة أمين الحامض الأميني مع

مجموعة كربوكسيل حامض أميني آخر لتكوين رابطة الببتيد كما في المثال التالي:



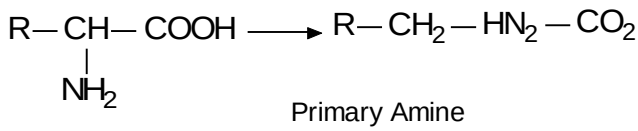
ب- تكوين الأميد: وهو ينتج بالتفاعل مع الأمينات



وهذا التفاعل يضفي أهمية خاصة عندما يكون مصدر الأمين حامضا أمينيا آخر وهذا يقود إلى تكوين الرابطة الببتيدية.

جـ) تفاعل إزالة المجموعة الكربوكسيلية Decarboxylation:

تؤدي إزالة المجموعة الكربوكسيلية للحامض الأميني إلى تكوين الأمين Amine وهذا ممكن حدوثه عن طريق كيميائي أو أنزيمي.

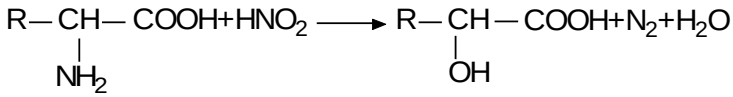


وفي الخلايا فإن أنزيمات الـ Decarboxylases هي المسؤولة والتي تعمل مع كبريتات البايردوكساك للمرافق الأنزيمي.

ب) تفاعلات مجموعة الأمين (-NH_2):

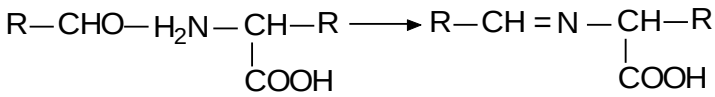
تمتلك الأحماض الأمينية خواص المجموعة الأمينية الأولية وأهمها ما يلي:

أ- إزالة المجموعة الأمينية Deamination: بواسطة حامض النيتريك يسبب حامض النيتريك إزالة المجموعة الأمينية مما يؤدي إلى تكون أحماض كحولية مع تحرر النيتروجين.



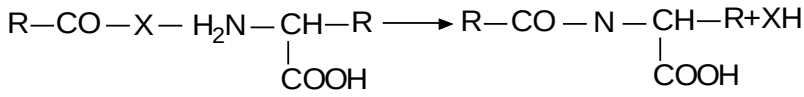
وتعتمد طريقة فان سلايك Vanslyke لتقدير الأحماض الأمينية على قياس كمية النيتروجين المتحررة.

ب- تكوين الأيمينات Imines: (تدعى سابقاً قاعدة شيف) من الممكن أن يحصل تكثيف للأمينات الأولية للأحماض الأمينية مع المشتقات الكاربونيلية وكذلك مع الالدهيدات الأروماتية ونحصل على الأيمينات .



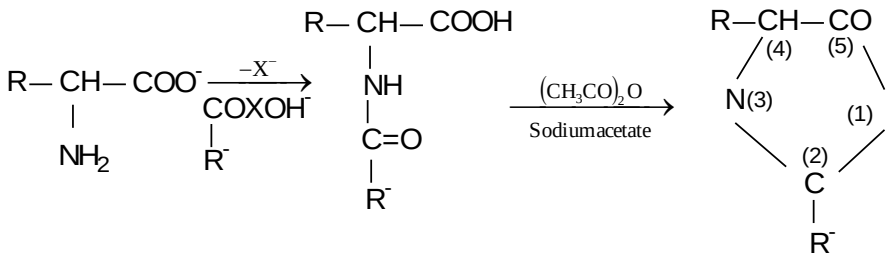
جـ- تكوين مشتقات الـ N- أسيل الحلقية:

تكون الأحماض الأمينية مشتقات N– أسيلات مع الهالوجينات والـ انهيدريدات Anhydrides للأحماض الكربوكسيلية.



د- تكوين مشتقات الـ N- أسيل الحلقية:

يؤدي تقارب المجموعات الكربوكسيلية والألفا أمين في الجزيئة إلى تكوين مشتقات N– أسيل حلقية ذات خمس ذرات من الكربون وهذا ما يتكون أيضا مع هالوجين أو انهيدريد Anhydride لحامض كربوكسيلي.



O- أوكسازولون مستبدل

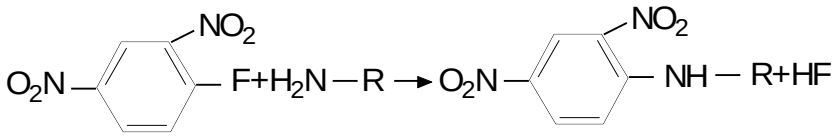
هـ- تأثير النينهيدرين (Ninhydrine)

هو التفاعل الرئيسي للكشف عن الأحماض الأمينية الذي تم تثبيته حالياً مع الأجهزة لغرض التقدير الأتوماتيكي ويمكن اختصاره حيث أن النينهيدرين Hydrate of diketo hydrindene عبارة عن مؤكسد قوي ويقوم بإزالة المجموعة الأمينية للأحماض الأمينية بالأكسدة مما يقود إلى تكون الألدهيد المماثل ويصاحبه تحرير الأمونيا مع ثاني أكسيد الكربون وتكون النينهيدرين المختزل والمسمى Hydrindantine وفي المرحلة الثانية فإن الأمونيا تتفاعل مع المركب الناتج في الخطوة الأولى وجزيئة أخرى من النينهيدرين لتعطي مركبا أزرق بنفسجياً يسمى Purple of Ruhemann.

و- تأثير 1-Fluoro-2.4-Dinitrobenzene

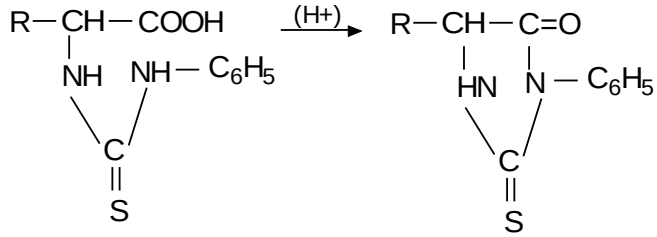
يتفاعل الـ FDNB بسهولة مع المجموعات الأمينية الفعالة بواسطة إحلال من نوع nucleophile ليكون مشتق يسمى N-2.4-Dinitro phenyl وهو

مركب ذو لون أصفر من السهولة تمييزه بواسطة الكروماتوغرافي وأساس هذا كما يلي ويسمى تفاعل سانجر Sanger.



ز- تأثير الأيزوسيانات الفنيل Phenylisothiocyanate:

يتفاعل هذا المركب مع المجموعة الأمينية الفعالة الفا في وسط قاعدي حتى يعطي شتق N-Phenylthiocarbamyl والذي بدوره يكون مركبا حلقياً في الوسط الحامضي يسمى Phenylthiohydantoine وهذا المركب من السهولة تميزه، ويدعي تفاعل EDMAN.



Phenyl-thiodntione

حـ- تفاعل الأحماض الأمينية مع كلوريد الدانسيل Dansylation:

يتلاعل كلوريد الدانسيل بسهولة مع المجموعة الأمينية للأحماض الأمينية وهذا يؤدي إلى تكوين مشتقات Sulfonamides وهي مركبات متألقة جداً ولهذا يمكن الكشف عنها بسهولة.

يكون التفاعل حساساً بمقدار مائة مرة مقارنة بتفاعل سانجر Sanger وهو يسمح بالكشف عن كميات صغيرة جداً من الأحماض الأمينية والفائدة

الأساسية في التفاعلات التي تم شرحها أعلاه تكمن في استخدامها الكبير في تحديد أو تعيين التركيب الأولي للبروتينات.

جـ) تفاعلات مجموعة الإكليل (R-):

أ- تفاعل ميللون: Millon's reaction

عبارة عن تفاعل مجموعة الفينول في (التيروزين) وكاشف ميللون (عبارة عن نترات الزئبقيك ونيتريت الزئبقوز) معطيا بالحرارة اللون الأحمر.

ب- تفاعل سكاجوشي Sakaguchi reaction

عبارة عن تفاعل مجموعة الجوانيد و(في الارجنين) والفانافثول α-naphthol مكونا لون أحمر.

جـ- تفاعل الزانثوبروتيك Xanthoproteic reaction

عبارة عن تفاعل بين حامض النيتريك المركز ومجموعة الفينول (في التيروزين) أو مجموعة الأندول (في التربتوفان) معطيا لون برتقالي في وجود وسط قاعدي وحرارة مرتفعة.

د- اختبار روزينم Rosenheimes test

(خاص بالتربتوفان)

بروتين + كلوريد الحديديك فورمالدهيد بوجود حامض الكبريتيك المركز ليعطي حلقة أرجوانية.

هـ- تفاعل النيتروبروسيد Nitroprusside reaction

عبارة عن تفاعل بين مجموعة الثيول (Thiol) في (السيستايين) ونيترو بروسيد الصوديوم معطيا بذلك لون أحمر بوجود الأمونيا.

خصائص البروتينات الفيزيائية والكيميائية

1- الوزن الجزيئي للبروتينات

تمتلك البروتينات وزناً جزيئياً عالياً، وهناك طرق عديدة لتعيين الوزن الجزئي البروتينات أهمها: قياس انخفاض درجة تجمد المحلول البروتيني، وكذلك قياس الضغط المحلولي وسرعة ترسيب الجزيئات البروتينية إضافة إلى طرق أخرى.

2- الخواص الغروية للبروتينات:

إن الأحجام الكبيرة للجزيئات البروتينية الضخمة يفس بشكل جيد الحالة الغروية لهذه المركبات عندما توجد في المحاليل المائية.

تعطى البروتينات المنحلة في الماء دائما محاليل غروية تكون بحالة جزيئية متفككة لا يتجاوز قطرها 0.001 ميكرون.

تتمتع المحاليل الغروية بعدد من الصفات منها:

أ) ظاهرة تاندال

عند عبور الشعاع العادي بمحلولا طبيعيا فإنه يبقى غير واضح، ولكنه إذا عبر محلولاً غروية لمادة ذات وزن جزئي مرتفع فإن طريق الإشعاع يبقى ظاهراً ومميزا بسبب تشتت الضوء بوساطة فتيتات المادة المنحلة.

ب) ظاهرة الحلول

لا تستطيع الجزيئات البروتينية بسبب كبرها عبور الأغشية الحيوانية أو النباتية نصف النفوذة، ولكنه في الوقت ذاته تستطيع جزيئات المواد ذات الوزن الجزيئي المنخفض العبور خلال هذه الأغشية.

3- الخواص الحامضية –الأساسية-للبروتينات

للبروتينات القدرة على التفاعل مع الأحماض والقواعد. ففي الوسط الحامضي تصبح البروتينات موجبة الشحنة وتتحرك جهة الكاثود في المجال الكهربائي، وفي الوسط القاعدي تصبح البروتينات سالبة الشحنة وتتحرك جهة الأنود. وفي الوسط المتعادل تكون البروتينات ذات قطبين (ثنائية القطب أو الشحنة) ولا تتحرك البروتينات بأي اتجاه ويسمى هذا الخط أو هذه النقطة بنقطة التعادل الكهربائي.

5- قابلية الانحلال والترسيب للبروتينات

من الصفات الهامة التي تتمتع بها البروتينات هي قابليتها للانحلال في الماء أو في المحاليل المحلية. يعتبر محلول البروتينات من المحاليل الغروية غير الثابتة. أي تحت تأثير بعض المؤشرات الخارجية تستطيع أن تترسب من محاليلها. يرتبط انحلال البروتينات بعملية تحلل كل جزيئة من جزيئاتها من حيث يتشكل حول الجزيئات البروتينية أشكالاً خاصة من الأغشية المائية والمؤلفة من أنماط معينة من جزيئات الماء. فالماء الموجود بحالة طبقات ملتصقة إلى المجموعة القطبية للجزيئات الكبيرة له خواص غير بقية كتلة الماء الموجودة في الوسط.

إذا أضيف الكحول، الأستون أو الأملاح المركزة للمحاليل المعتدلة للمعادلة القلوية كبريتات الأمونيوم، كبريتات الصوديوم، وكلوريد الصوديوم)، وغير ذلك من مواد-إلى المحاليل المائية البروتينية فإنها تؤدي إلى نقصان قابلية انحلال البروتينات وبالتالي تترسب من محاليلها. وتفسير ذلك أنه تكون

تغيير طبيعة البروتينات Denaturation(تفسخ، دنتره)

يطلق هذا التعبير على مجمل التغيرات على البروتين بوضعه الطبيعي نتيجة معاملته بالحرارة والقواعد والأحماض والكحول أو تعرضه للأشعة فوق البنفسجية ويؤدي ذلك إلى تغيرات كبيرة في تركيبه، تشمل عملية تغير الصفات الطبيعية للبروتين فقدان قابلية جزيئية البروتين على الانطواء، أي أنها تصبح Unfolded، لا يؤدي تغير الصفات الطبيعية للبروتين إلى تكسير الأواصر البيبتيدية ولا تؤثر على تعاقب الأحماض الأمينية في جزيئة البروتين.

وفي بعض الحالات يساهم تغير الصفات الطبيعية للبروتين في إعطاء المنتوج النكهة والقوام، ففي صناعات الألبان يتم اختيار المعاملات الحرارية المناسبة بنا على التغيرات الكيمياوية التي تحدثها هذه المعاملات في المنتوج، يمكن تعريف الدنتره بأن:

الدنتره (Denaturation) تعرف بأنها التغير في الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للبروتين عن حالته الطبيعية بدون تكسير للرباطة البيتدية.

عوامل الدنتره:

1. عوامل طبيعية Physical Factor: مثل الحرارة المرتفعة- الرج – الضغط المرتفع –أشعة X ، الفوق بنفسجية UV.
2. عوامل كيميائية: المذيبات العضوية، الأحماض القوية، القواعد القوية، اليوريا وأملاح المعادن الثقيلة.

نتائج الدنتره:

1. تنقص درجة الذوبانية للبروتين.

2. تزداد درجة لزوجة البروتين.
3. ينقص معدل انتشار البروتين خلال جذب الخلايا Cells.
4. البروتينات المدنتره لا تكون كريستال (بللورات).
5. البروتينات تصبح سهلة الهضم.
6. لو كان البروتين عبارة عن هرمون يصبح غير نشيط.
7. يحدث فقد للنشاط الأنزيمي (الأنزيم عبارة عن بروتين).
8. تتحطم الروابط الهيدروجينية والكبريتية التي تربط السلاسل الببتيدية مع بعضها.

وكما ذكر سباقاً فإن الدنتره لها فوائد: نذكر منها:

1. إعطاء المنتوج النكهة والقوام مثل صناعة الألبان كما في إنتاج الحليب المجفف.
2. تغير طبيعة بروتينات البيض ع ند تسخينها أو خفقها، حيث تتغير طبيعة بروتينات اللحوم على درجات حرارية تتراوح بين 57-75م.

تغيرات الغير مرغوبة (الدنتره):

1. ظهور الطعم المطبوخ في الحليب ومقاومته للتخزين باستخدام الدنتره.
2. بروتينات الأسماك بعد تجميدها لا يصبح قوامها قوياً ومطاطياً ويفقد الرطوبة.

تركيب العضلة:

ظاهرة RigorMorus ( ) وظاهرة Aging

هنالك ثلاثة أنواع من العضلات:

1. الإرادية المخططه.

2. الارادية أو الملساء.

3. عضلة القلب.

تتكون العضلات المخططة من خلايا اسطوانية طويلة يطلق عليها الألياف وتقطف هذه الخلايا طولياً في العضلة وموازياً إحداهما الآخر.

تحتوي خلايا ألياف العضلات على خليط معتمد من البروتينات والدهون والكاربوهيدرات والأملاح ومركبات أخرى، وتكون الكاربوهيدرات الموجودة في الخلايا الحية عبارة عن الكلايكوجين (عادة)، لكنه يختفي من العضلات بعد ذبح الحيوان وعن انضاج ripening اللحم وطبخه.

تحتوي العضلات أيضاً على الدهون والفوسفولبيدات والكوليسترول.

وهنالك بروتينين مسؤولين عن تقلص ألياف العضلات. وهما الكتين Actin والمايوسين كما يتكون مركب آخر من اتحاد هذين البروتينين مباشرة بعد الذبح ويسمى الاكتومايوسين.

ظاهرة Rigor Mortis التيبس الرمي:

بعد ذبح الحيوان يجري استنزاف دمه، وهذه بداية سلسلة التغيرات التي تحدث في العضلة بعد الذبح وفي الحقيقة يمكن إزالة فقط 50٪ من مجموع حجم الدم من الجسم بينما يحفظ المتبقي في الأعضاء الأكثر احتياجاً للدم Vital organs مثل الدماغ وهذه ظاهرة مهمة بالنسبة لإنتاج اللحم، فالدم محيط يمتاز لنمو الأحياء المسببة للتلف، فإن الدم الزائد الموجود في اللحم غير مرغوب فيه من قبل المستهلك وبعد توقف الدوره الدموية وانقطاع الأكسدين عن الوصول إلى العضلات تبدأ العضلات باستهلاك المخزون منه والمرتبط بصيغة المايوجلوبين. وهذه الكمية تكفي فقط لتفاعلات الأكسدة لفترة

قصيرة من الزمن وبعدها تتوقف الفعاليات الحيوية في كل من دورة السترات Citrc acid cycleونظم السايتوكروم وبعد ذلك تبدأ العضلات بالتقلص، وتصبح صلبة غير مرنة وهذا ما يعرف بالتيبس الرمي.

إن حالة التصلب التي تحدث أثناء التيبس الرمي تنتج عن تكون جسور عرضية دائمة بين ليفات الاكتين والميوسين المكونة للعضلات، وإن هذا التفاعل الكيماوي نفسه الذي يكون الاكتومايسين أثناء تقلص العضلة الحية. ولكن الفرق بين هاتين الحالتين هو عدم حدوث حالة الاسترخاء في الحالة الأخيرة بسبب عدم وجود الطاقة متمثلة في ATP حيث أن التنفس هنا لا هوائي ولا يطلق قدراً كافياً منه (ATP)لغرض كسر أواصر الاكتومايوسين.

ظاهرة Aging: إنضاج اللحوم

هو عبارة عن تفاعلات التحلل الذاتي التي تحدث في الذبائح فتتحسن صفات الطراوة والعصيرية والنكهة فيها، ويجري التعتيق عادة على درجة 0-4م وذلك لتقليل النمو الميكروبي، والوقت اللازم لإحداث أعلى تغيرات في الأبقار والأغنام هي 10-17 يوم (للأبقار) و (3-5) للأغنام.

وقد اختلف المؤلفون في تحديد وقت بداية التعتيق، فمنهم من اعتبرها بعد الذبح ومنهم من اعتبرها من بدء وصول درجة حرارة الذبيحة إلى درجة حرارة غرفة التبريد واعتبرها آخرون من نهاية طور اكتمال التيبس الرمي.

هنالك عدة طرق تستعمل لتطرية اللحوم منها الطبيعية وهذا ما يحصل في التعتيق الطبيعي أو طرق صناعية ومن هذه الطرق:

1. تحقيق اللحوم بخزنها على درجة حرارة ومدة زمنية كافية للسماح للأنزيمات الطبيعية بالعمل كما ذكر أعلاه، ومن المعتاد تعتيق اللحوم

على درجة حرارة أعلى من نقطة التجميد (4-5)م وذلك للحد من النمو الميكروبي خلال فترة الخزن.

2. استعمال طرق ميكانيكية مثل الدق والتقطيع أو فصل الألياف وتكسيرها بواسطة ذبذبات فوق صوتية Utrasonic Vibration لمدة (10) دقائق.

3. استعمال الملح بتركيز 2٪.

4. التغطيس بالحوامض مثل الخل وعصير الليمون وهذه تساع على انتفاخ الكولاجين الذي يحتاج إلى بعض التكسير في الروابط الليفية للكولاجين.

5. استعمال أنزيمات التطريه. وهناك العديد من الأنزيمات المحللة للبروتينات مثل البابين (Papain) والبروملين (Bromlein) المستخلص من أوراق الموز والفيسين (Ficin) المستخلص من أوراق التين. وهي من مصادر نباتية. أو أنزيمات مستخرجة من البكتيريا مثل (Hydrolase) (Protease 15) (Rhyozyme) وأحياناً تستعمل أنزيمات محللة للبروتينات من أصل حيواني مثل التربسين واليسين.

6. هناك بعض المواد التي تعطي للحيوان قبل الذبح مثل هرمون الأدريتالين ويعطيها للحيوان قبل الذبح بـ (2-3) ساعات وهذا الهرمون بسبب هدم الجلايكوجين و ATP. وتطرح نواتجها مع البول. وتبقى صفات اللحم مشابهة للصفات الأصلية مع زيادة طراوته.

الأنزيمات

التعريف: الأنزيمات عبارة عن عوامل مساعدة بأيولوجية أساس تكوينها البروتين وقد تحتوي في بعض الحالات على جزء عضوي مرتبط بالبروتين يسمى (Prosthetic group)أو مرافقاً أنزيمياً Coenzyme.

مكونات الأنزيم:

الكثير من الأنزيمات هي بروتينات مركبة تكون المجاميع المرتبطة فيها هي تكمن الفعالية المحفزة الحقيقية، وفي بعض الأحيان تصنع هذه المجموعة من الفيتامين.

تتميز العديد من الأنزيمات باحتوائها على التركيب الرابعي. تتألف من سلسلتيد أو أكثر من البولي ببتيد كل منها ذو تركيب ثانوي أو ثالثي. وقد تكون هذه السلاسل متماثلة في بعض الأحيان، ومع ذلك فإن السلسلة المنفردة، لوحدها، لا تمتع بأية خاصية تجعل منها عاملاً مساعداً.

التسمية:

تمت تسمية بعض الأنزيمات سابقاً نسبة إلى المواد التي تعمل عليها (Substrale) أو نسبة إلى طبيعة التفاعل الذي تشارك فيه الأنزيمات كعوامل مساعدة. فمثلاً يقوم الأنزيم المسمى يورير (Urease) بتحليل اليوريا ويقوم الأنزيم المسمى ارجنيز arginase بتحليل الارجنين. إلا أنه في حالات أخرى لم تعطى الأنزيمات أسماء تدل على طبيعة التفاعلات التي تساعد فيها. فمثلاً لا تعطي أسماء الأنزيميين، اليسين والتريبسين، اعادك له على أنهما يقومان بتحليل البروتينات.

قام الاتحاد العالمي للكيمياء الحيوية في اجتماعه الخاص حول الأنزيمات بتبني طريقة أكثر وضوحاً لتصنيف الأنزيمات وأخذت هذه الطرق بالحسبان الاعتبارات التالية:

1. أنواع التفاعلات والأنزيمات الخاصة لكل تفاعل وصنفت جميع الأنزيمات المعروفة إلى ستة أصناف Classes رئيسية. ويحتوي كل صنف من هذه الأصناف على 4-13 تحت الصنف Subclass.
2. يتكون ا لاسم الأنزيم من جزئين. يعطي الجزء الأول من الاسم دلالة على المادة أو المواد التي يعمل عليها الأنزيم. والجزء الثاني من الاسم فينهي بالمقطع ase- ويشير إلى نوع التفاعل الذي يساعد فيه الأنزيم.
3. إعطاء الأنزيم رقم خاص به. يشير الحرف الأول من الرقم إلى صنف الأنزيم Class والحرف الثاني من الرقم إلى تحت الصنف Subclass والحرف الثالث من الرقم إلى تحت الصنف Subsub class. أما الحرف الرابع من الرقم فيشير إلى اسم الأنزيم مثلاً الرقم التالي 2.7.1.1 فإن ذلك يعني أن الأنزيم يقع ضمن الصنف الثاني الذي هو عبارة عن Transferase ويقع ضمن تحت الصنف السابع الذي يقوم بنقل مجموعة فوسفائية. ويعود هذا الأنزيم إلى تحت تحت الصنف الأول الذي يدل على أن مجموعة كحولية سوف تقبل المجموعة الفوسفائية. أما الحرف الأخير من الرقم فيعطي دلالة على اسم الأنزيم الذي هو في هذه الحالة nexokinase أو ATP:D-hexose-6-phosphotransferase وهو الأنزيم الذي يقوم بنقل مجموعة فوسفائية من الـ ATP مجموعة الهيدروكسيل الواقعة على ذرة الكربون السادسة للكلوكوز.

تقسيم الأنزيمات حسب طبيعة التفاعل الكيميائي مع أمثلة:

أ- الكاربوهايدريزات Carbohydrases:

أو الأنزيمات المحللة للسكريات. تقوم هذه المجموعة من الأنزيمات بتحليل السكريات المتعددة.

1- الأميليز: ثلاثة أنواع من الاميليز

أ- α اميليز: يحلل الأواصل الجلوكوسيدية

α(←4) في جزيئات النشاء الكبيرة بطريقة عشوائية ليكون الديكسترين.

ب- β- اميزليز: يحلل النشا إلى مالتوز حيث يفصل جزيئين جلوكوز (مالتوز) من النهاية غير المختزلة لسلسلة النشاء.

جـ- اميلوكلوكوسايديز amyloglucosidase:

فيقوم بإنتاج الجلوكوز بتحليل النشاء من النهاية غير المختزله. يمكن هذا الأنزيم من تحويل النشاء دون تكوين الدكسترين أو المالتوز.

2- الأنزيمات البكتينية: تصنف الأنزيمات التي تحلل المواد البكتينية إلى صنفين. الأول يسمى البكتيز أو البكتين مثيل استريز (Pectases or Pectin methyles).

والصنف الثاني يسمى بكتيز Pectinase or polygalacturonase. ويقسم هذا الأنزيم إلى داخلي وخارجي ويقوم الأنزيم الداخلي بالعمل في داخل الجزيئة وعلى الأواصر الفا (1←4). بينما يقوم البكتينز الخارجي بإزالة جزيئات حامض الجالاكيتورونيك من النهاية غير المختزلة لسلسلة المادة البكتينية.

3-الأنفرتيز Invertases:

يقوم هذا الأنزيم بتحليل السكروز إلى جلوكوز وفركتوز ويستعمل في تصنيع السكر المحول Invert Sugar الذي يستعمل في عمل الجلديات.

ب- البروتييز Proteases أو الأنزيمات المحللة للبروتينات: من أمثلتها أنزيم الرنين عادة يستعمل في صناعة الجبن وأنزيم البابين لزيادة طراوة اللحم.

جـ-اللايبيزات :Lipases

للايبيزات أهمية خاصة في صناعة الألبان، من المعروف أن نسبة التحلل العالية للدهون تكون ضرورية في صناعة بعض الأجبان. يستعمل عادة معجون الرنين لتصنيع هذه الأجبان لأنه يكون محتوياً عادة على اللايبيز إضافة على فعل الرنين الأصلي المحلل للبروتينات.

د- الأنزيمات المؤكسدة المختزلة Oxidoreductases

1. جلوكوز اكسريز glucose oxidase:

يستعمل هذا الأنزيم تجارياً لإزالة الجلوكوز والأكسجين من المواد الغذائية يوجد الجلوكوز بكميات قليلة في اليومين البيض والبيض المجفف، ولمنع تلفهما أثناء الخزن، يستعمل هذا الأنزيم لتكسير هذا السكر المختزل.

كما توجد آثار من الأوكسجين في البيره والخمور وعصير الفواكه والذي يزال بواسطة الجلوكوز اكسيديز لمنع حدوث مثل هذه التغيرات غير المرغوبة التي قد تحدث نتيجة للاستمرار الأنزيمي أو الزنجة التأكسدية.

2. الكاتاليز Catalase:

يستعمل للتخلص من الكميات الزائدة من بيروكسيد الهيدروجين حيث يستعمل كمادة حافظة للحليب في صناعة الجبن.

3. البيروكسيديز (Peroxidase):

من المعتقد أن يكون البيروكسيديز مسؤولاً عن تأكسد وتلف الخضروات أثناء خزنها، البيروكسيديز يقادم درجات الحرارة العالية ويستعمل كمؤشر على كفاءة عملية السلق (Blanching) حيث وجد أن البيروكسيديز يحتفظ بتصنيف فعاليته بعد وضعه على درجة حرارة 85م لمدة 32 دقيقة.

اكسديز حامض الاسكوربيك Ascorbic acid oxidase

يعتقد بأن هذا التفاعل يكون مسؤولاً عن بدء التفاعل البني وخسارة كل فعالية فيتامين C

$$\text{L.Ascorbic acid} + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow \text{dehydroascorbic acid} + H_2$$

بالإمكان السيطرة على مدى التفاعلات البنية لحامض الأسكوربيك والإقلال منها بواسطة منع الأوكسجين أو استعمال البخار في عملية السلق. تزداد سرعة التفاعلات البنية بوجود أيونات الحديد أو النحاس.

1- العوامل المنشطة:

لا تعمل بعض الأنزيمات إلا بوجود بعض الأيونات اللاعضوية في وسط التفاعل مثل أيونات الحديديك في السايتوكروم اكسديز Cytochrome oxidase وايونات المغنيسيوم أو المنغنيز في الأينوليز (Enolase). هنالك أنزيمات أخرى تظهر زيادة في فعاليتها بوجود الأونات موجبة الشحنة (Cations) مثل أيونات البايروفيت كاينيز (Pyruvate kinase). ومن الأيونات المهمة ذات الشحنة الموجبة المهمة في تنشيط الأنزيمات بصورة عامة هي أيونات الزنك والكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكوبالت.

لا تتأثر الأنزيمات بصورة عامة بوجود أو عدم وجود الأيونات سالبة الشحنة (anions) عدا اميليز اللعاب والبنكرياس الذي ينشط بوجود أيونات الكلوريد.

2- العوامل المختزلة:

تعمل العوامل المختزلة على المحافظة على مجاميع السلفهايدرل في الأنزيم، حيث تعتبر هذه المجاميع ضرورية في الموقع الفعال للأنزيم وعندما تتأكسد هذه المجاميع يفقد الأنزيم نشاطه.

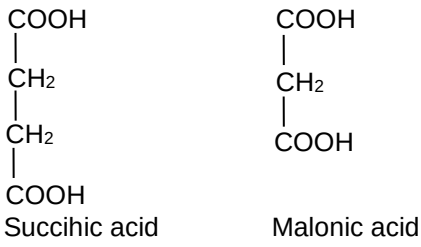
ومن المعلوم أن الأنزيمات المحللة للبروتين الموجودة في النباتات مثل البابين والفيسين والبروملين تفقد نشاطها عند تعرضها للأكسجين وتسترجع هذه الأنزيمات فعاليتها عند إضافة مادة مختزلة مناسبة مثل الجلوتايثون والسستين.

التثبيط

هناك نوعان من التثبيط التنافسي واللاتنافسي.

أ- التثبيط التنافسي Competitive inhibition:

يحدث هذا النوع من التثبيط عندما يتنافس مركب ما مع المادة التي يعمل عليها الأنزيم (Substrate) للارتباط بالموقع الفعال للأنزيم نتيجة وجود تشابه في تركيب المركبين فمثلاً يتنافس حامض المالونيك مع حامض السكسنيك على الموقع الفعال للأنزيم المسمى سكسنيك ديهايدروجينين لوجود تشابه في تركيبهما.



تعتمد درجة التثبيط على عدة عوامل وهي:

أ) تركيز المادة التي يعمل عليها الأنزيم.

ب) تركيز المثبط.

ج) الألفة النسبية الموجودة بين الأنزيم والمادة التي يعمل عليها.

ملاحظة: عند وجود مواد مثبطة لفعل الأنزيم يمكن الحفاظ على فعالية الأنزيم بزيادة تركيز المادة التي يعمل عليها الأنزيم "يمكن عكس هذا النوع من التثبيط".

ب- التثبيط اللاتنافسي Non Competitive Inhibition:

ليس بالإمكان عكس هذا النوع من التثبيط بزيادة تركيز المادة التي يعمل عليها الأنزيم وتعتمد درجة التثبيط في هذه الحالة على تركيز المثبط والألفه بين الأنزيم والمثبط.

وتتخصص بعض المثبطات في عملها فمثلاً الأنزيمات التي تحتوي على الحديد تثبط بواسطة السيانايد والأنزيمات المحتوية على مجاميع السلفايدرل (-SH) تتثبط بواسطة النحاس والزئبق والـ (P-hydroxymercuribenzoate) كما أن بعض الفوسفات العضوية تثبط فعالية الأنزيمات التي لها فعالية الاستريز (estrase).

يحدد استعمال مثبطات الأنزيمات في الأغذية لما لهذه المثبطات من طبيعة سمية.

من المعروف أن بعض الأحياء تقوم بإنتاج بعض المواد التي تثبط فعل الأنزيمات فمثلاً يوجد في فول الصويا مادة مثبطة لأنزيم التربيسين (Trypsin inhibitor) وتقوم هذه المادة بمنع الاستفادة من البروتين الموجود في فول الصويا الخام.

كما تقوم المادة المسماه مضادة البيبسين (antipepsin) ومادة مضادة التربسين (antitrypsin) بحماية المعدة والأمعاء من فعل الأنزيمات المحللة للبروتينات والتي تكون فعالة في كل من المعدة والأمعاء.

تعريف نشاط الأنزيم Enzyme Activity

وهي تعني قدرة الأنزيم على القيام بوظيفته الرئيسية بشكل فعال حيث أن العديد من الأنزيمات تحتاج إلى مجموعة السلفهايدرك الحره SH– لتنشيطها.

الجيلاتين

يحضر الهلام (الجيلاتين) Gelatin التجاري نتيجة تحلل الكولاجين. (الكولاجين) هو أحد أجزاء الأنسجة الرابطة في العضلات والأعضاء والجلد والعظم والأسنان والأوتار. والكولاجينات عبارة عن صنف متميز من البروتينات توجد على شكل حلزوني ثلاثي Triple helix.

يحتوي الكولاجين على نسبة عالية من الهيدروكسي برولين والهيدروكسي لايسين ولهما أهمية كبيرة في تركيبه. كما يحتوي الكولاجين على نسب عالية من الأحماض الأمينية القاعدية والحامضية. إلا أنه يحتوي على التريبتوفان والسستاين أي أنه بروتين غير كامل القيمة. نتيجة لهذا المحتوى من الأحماض الأمينية فإنه ليس هناك أواصل داخلية تعمل على تشعب السلاسل الببتيدية في الكولاجين.

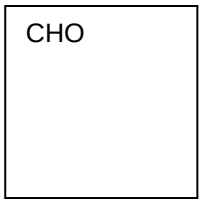
ونتيجة لذلك فإن الكولاجين ينتفع بسهولة في الحوامض والقواعد. ويؤدي تسخين الكولاجين في الماء بدرجة حرارة 60-70°م إلى تقصير طوله الأصلي بحوالي الثلث أو الربع. وتعد هذه الدرجة الحرارية مميزة لنوع الكولاجين ويطلق عليها درجة حرارة الانكماش Shrink temperature (TS).

إذ أن درجة حرارة انكماش كولاجين جلد السمك تكون واطئة جداً وبحدود 35°م والجيلاتين: عبارة عن بروتين ذائب مشتق من الكولاجين غير الذائب.

وبالإمكان الحصول على الجيلاتين من العديد من النواتج العرضية، إلا أن مصدره المألوف هو جلد الحيوان.

وينتج الجيلاتين اعتيادياً وذلك باستخلاص الجلود أو العظام أولاً تحت ظروف معتدلة. ويعقب ذلك عمليات استخلاص متتالية تحت ظروف أكثر قساوة.

ويمكن الحصول عادة على الجيلاتين العالي النوعية من الاستخلاص الأول. إذ يستعمل مصطلح الجيلاتين للنواتج المشتقة من كولاجين الذي يمكن تشتيته dispersed في الماء ويمكن أن يتحول من محلول غوي إلى الجيل (هلام) Olgel وبالعكس بتغير درجة الحرارة.


CHO

3

الوحدة الثالثة

الليبيدات: Lipids

الشحوم، الدهون، الزيوت

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الوحدة الثالثة

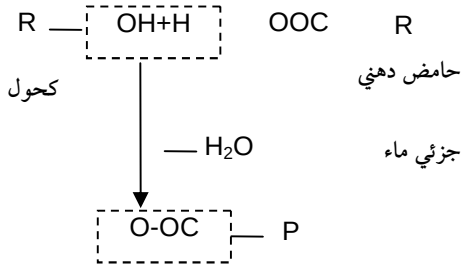
الليبيدات Lipids

الشحوم، الدهون، الزيوت

مقدمة

هي مجموعة من المواد العضوية تتألف من أحماض دهنية متحدة مع الكحول (الجليسرول) ترتبط مع بعضها بروابط استيرية. وتتكون من كربون، هيدروجين، والأكسجين وهي نفس العناصر المكونة للكربوهيدرات إلا أن نسبة الهيدروجين في الدهون أعلى منه في الكربوهيدرات. وهذا قد يفسر كون 1 غم من الدهون يعطي 9 سعرات حرارية.

الرابطة الاستية Ester Linkage



الرابطة الاستية esterlinkage

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

أهـمية الليبيدات

1- تدخل في تركيب جدران الخلايا والعضلات، كما أن وجودها تحت الجلد يشكل عازل للجسم يحميه من تأثيرات الطقس.

2- تحمي الأعضاء الداخلية للجسم، وهي هامة لإنتاج فيتامين د وأملاح الصفراء والإنتاج حليب الأم.

3- مصدر للطاقة، وللأحماض الدهنية الأساسية، وللفيتامينات الذائبة في الدهون وللفسفور.

أقسام الأحماض الدهنية

1- الأحماض الدهنية المشبعة Saturated Fatty Acids

2- الأحماض الدهنية غير المشبعة Unsaturated Fatty Acids.

3- الأحماض الدهنية الهيدروكسيلية Hydroxy fatty acids.

4- الأحماض الدهنية الحلقية Cyclic Fatty Acids.

كما يمكن تصنيف الأحماض الدهنية كما يلي:

أ) أحماض دهنية أساسية Essential Fatty Acids

وهي الأحماض الدهنية التي لا يمكن إنتاجها في الجسم ويجب تناولها عن طريق الأطعمة، ولذلك فإن نقصها يسبب سوء تغذية. والأحماض الدهنية الأساسية هي الأركيدونيك، والينولييك، والينوليك.

ب) أحماض دهنية غير أساسية Nenessential Fatty Acids:

وهي الأحماض الدهنية التي يستطيع الجسم صنعها.

وتصنف الأحماض الدهنية حسب درجة الإشباع إلى:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

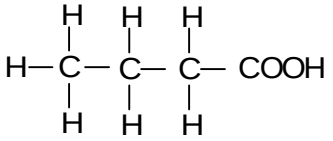
أ- أحماض دهنية مشبعة Saturated Fatty Acids:

صيغتها العامة $C_nH_{2n}O_2$ أو $C_nH_{2n+1}C_1O_1$

ومن الأمثلة عليها حامض البالمتيك، والاستياريك.

مثال (1):

حامض الزبدة (حامض البيوتريك Butric acid) وهو يحتوي على أربع ذرات كربون.



$(CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH)$

مثال(2): حامض الكابرويك Caproic Acid

وهو يحتوي على ست ذرات كربون، ويوجد في الزبدة وفي زيت جوز الهند.

$(CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–COOH)$

مثال(3): حامض البالميتيك Palmitic Acid

يوجد في الزيوت النباتية والحيوانية، ويحتوي على ستة عشر ذرة كربون.

$CH_3–(CH_2)_{14}–COOH$

مثال (4): حامض الاستياريك Stearic Acid

يوجد في الدهون الحيوانية والزيوت النباتية، ويحتوي على ثمان عشر ذرة كربون.

$CH_3–(CH_2)_{16}–COOH$

مثال(5): حامض ليجنوسيريك Lignceeric Acid

يوجد في الدماغ، ويحتوي على أربع وعشرون ذرة كربون.

$CH_3–(CH_2)_{22}–COOH$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ب- أحماض دهنية غير مشبعة Unsaturated Fatty Acids:

وسميت بهذا الاسم لأنها تحتوي على روابط مزدوجة.

صيغتها العامة $CH_3–(CH_2)_4–CH_3$

أو $CH–(CH_2)_7–CO_2H$

وفيما يلي أصناف الأحماض الدهنية غير المشبعة حسب عدد الروابط المزدوجة:

أ- أحماض أحادية الرابطة المزدوجة Mono-unsaturated (ethenoid acids):

وهي أحماض دهنية غير مشبعة تحتوي على رابطة زوجية واحدة؛ مثال حامض البالميتوليك Palmitoleic acid.

$CH_3–(CH_2)_5–CH=CH–(CH_2)_7–COOH$

مثال آخر: حامض الأوليك Oleic acid

$CH_3–(CH_2)_7–CH=CH–(CH_2)_7–COOH$

ب- أحماض ثنائية الرابطة المزدوجة D-Unsaturated

أي أنها تحتوي على رابطتين زوجيتين.

مثال: حامض اللينوليك Linoleic Acid

$CH_3–(CH_2)_4–CH=CH–CH_2–CH=CH–(CH_2)_7–COOH$

جـ- أحماض ثلاثية الرابطة المزدوجة Tri-unsaturated

أي أنها تحتوي على ثلاث روابط مزدوجة مثال: حامض اللينولينك Linolenic acid.

$CH_3–CH_2–CH=CH–CH_2–CH=CH–CH_2–CH=CH–(CH_2)_7–COOH$

د- أحماض رباعية الرابطة المزدوجة Tetra-Unsaturated

أي أنها تحتوي على أربع روابط زوجية.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مثال: حامض الأراكيدونيك Arachidonic acid

$CH_3–(CH_2)_4–CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2–CH=CH–CH_2–CH–CH(CH_2)_3–COOH$

الروابط المزدوجة توجد بين ذرتي الكربون الثانية والثالثة:

Δ2:3 أو بين ذرتي الكربون الثانية والثالثة.

Δ9:10 أو بين ذرتي الكربون التاسعة والعاشرة.

Δ6:5 أو بين ذرتي الكربون الخامسة والسادسة.

Δ9:8 أو بين ذرتي الكربون الثامنة والتاسعة.

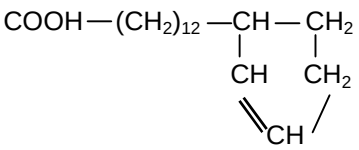
Δ12:11 أو بين ذرتي الكربون الحادية عشر والثانية عشر.

Δ15:14 أو بين ذرتي الكربون الرابعة عشر والخامسة عشر.

Δ5:6 , 8:9 , 11:12, 14:15

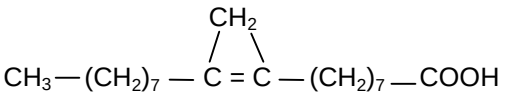
هـ- أحماض دهنية حلقية Cyclic Fatty Acid

مثال(1):



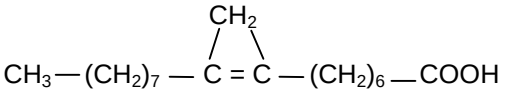
Chaulmoogric acid

مثال (2):



Sterculic acid

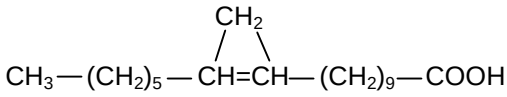
مثال (3):



Malvalic acid

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مثال (4):

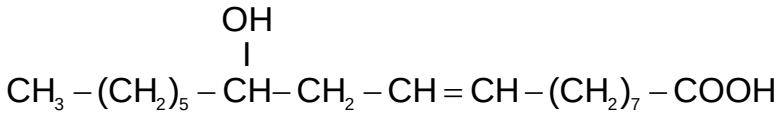


Lactobaillic acid

و- أحماض دهنية هيدروكسيلية Hydroxy fatty aids

أي أنها أحماض دهنية تحتوي مجموعة هيدروكسيل أمثلة:

حامض الريسنوليك Ricinoleic acd ويوجد في زيت الخروع.



كذلك يوجد في زيت الخروع حامض داي هيدروكسي ستياريك Dihydroxy stearic acid.

تسمية الأحماض الدهنية Nomen Caluture

للأحماض الدهنية أسماء عامة أسماء شائعة تجارية تعرف بها، كذلك فإن لها أسماء وتعتمد عملية التسمية على أسس معينة Systematic name. حيث تعتمد بالدرجة الأولى على عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون المقابل للحامض الهني الذي له نفس عدد ذرات الكربون ويجري ذلك باستبدال حرف e الأخير في اسم الهيدروكربون بالحروف Oic.

وبذلك نلاحظ أن الأحماض الدهنية المشبعة تنتهي بالمقطع anoic.

مثال: حامض Octanoic يحتوي على 8 ذرات كربون، والهيدروكربون المقابل له هو Octane.

Octanoic ← Octane

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ونجد أيضاً أن الأحماض الدهنية الغير مشبعة تنتهي بالمقطع enoic.

مثال: حامض Octadecenoic acid يحتوي على ثمان عشرة ذرة كربون وفيه رابطة مزدوجة واحدة والاسم التجاري الشائع له الأوليك Oleic.

ترقيم الأحماض الدهنية

عند إجراء عملية ترقيم لذرات الكربون في سلاسل الأحماض الدهنية نبدأ من الجهة (الطرف) الذي يوجد به المجموعة الكربوكسيلية (-COOH) فتعتبر هذه الكربون ذات الرقم (1) وتعطى ذرة الكربون الملاصقة لها رقم (2) وتسمى أيضاً بذرة الكربون ألفا (α). كما تعطى ذرة الكربون التي تليها رقم (3) وتسمى بيتا (β)، وهكذا نستمر بترقيم ذرات الكربون ,4 ,5. حتى نصل إلى ذرة الكربون الطرفية والتي تكون هي مجموعة المثيل ($-CH_3$) فتعطى رقماً وتسمى أيضاً أوميجا (Ω).

التعبير عن الأحماض الدهنية بالرموز

يمكن استخدام الرموز للتعبير عن الأحماض الدهنية وبطريقة يكون الرمز شاملاً لعدد ذرات الكربون، وعدد الروابط الزوجية وأماكنها أيضاً ولهذا التعبير أسس هي:

1- إذا كان ترقيم ذرات الكربون مبتدءاً من جهة مجموعة الكربوكسيل.

بعد إجراء ترقيم لذرات الكربون في سلسلة الحامض الدهني يكتب الحرف C وعلى يمينة عدد ذرات الكربون ثم نضع نقطتين: وبعد ذلك نضع عدد الروابط الثنائية (الزوجية) ثم نضع فاصلة (فصلة) ونكتب رقم أول ذرة كربون مكونة للرابطة الزوجية أو يمكن أن يكتب هذا الرقم فوق العدد.

مثال(1): حامض الأوليك C18:19 أو 18:1.9

وهي يعني أن هناك ثمان عشرة ذرة كربون ورابطة زوجة واحدة على ذرة الكربون9.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مثال (2): حامض اللينوليك C18:29,12 أو C18:2,9,12.

أي أن هذا الحامض الدهني يحتوي على ثمان عشرة ذرة كربون ورابطتين زوجيتين على ذرتي كربون 12,9.

2- إذا كان ترقيم ذرات الكربون مبتدءاً من جهة مجموعة الميثيل (CH_3) عندها فإننا نكتب الحرف W قبل الحرف C، ثم يوضع بجانب الحرف W رقم ذرة الكربون التي عليها الرابطة الزوجية إن وجدت.

مثال(1): حامض الأوليك: W9C18;1

مثال(2): حامض اللينوليك: W6,9 C18;2

$$CH_3-(CH_2)_4-\overset{13}{CH}=\overset{12}{CH}-CH_2-\overset{10}{CH}=\overset{9}{CH}-(CH_2)_3-\overset{C}{COOH}$$

C18:2; 9,12

$$\overset{W}{CH_3}-(\overset{2,3,4,5}{CH_2})_4-\overset{6}{CH}=\overset{7}{CH}-\overset{8}{CH_2}-\overset{9}{CH}=\overset{10}{CH}-(CH_2)_7-COOH$$

W6,9 C18;2

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول رقم (3-1) يبين الأحماض الدهنية ورموزها ومصادرها

أولاً: الأحماض الدهنية المشبعة	الرمز	مصادره
1. حامض بيوتريك Butyric acid (Butanok)	$CH_3(CH_2)_2\ COOH$	الزبد
2. حامض كابورويك Caproic (hexanoic)	$CH_3\ (CH_2)_4\ COOH$	جوز الهند، والتمر (زيت النخيل) (زيت جوز الهند)
3. حامض كابريليك Caproic (hexanoic)	$CH_3\ (CH_2)_6\ COOH$	زيت جوز الهند زيت النخيل
4. حامض كابريك Capric (decanoic)	$CH_3\ (CH_2)_8\ COOH$	زيت جوز الهند زيت النخيل
5. حامض لوريك Lauric (Duodecanoic)	$CH_3\ (CH_2)_{10}\ COOH$	زيت الغار
6. حامض ميرستيك Myristic (tetradecanoic)	$CH_3\ (CH_2)_{12}\ COOH$	زبدة جوزة الطيب
7. حامض بالمتيك Palmitc (hexadecanoic)	$CH_3\ (CH_2)_{14}\ COOH$	الزيوت النباتية والدهون الحيوانية
8. حامض استياريك Stearic (octadecanoic)	$CH_3\ (CH_2)_{16}\ COOH$	زيوت نباتية ودهون حيوانية
9. حامض أركيديك	$CH_3\ (CH_2)_{18}\ COOH$	زيت الفول السوداني
10. حامض بهنيك Behenic (docosanoci)	$CH_3\ (CH_2)_{20}\ COOH$	زيت الفول السوداني
11. حامض لجنوسيريك Lignoceric (Tetracosanoci)	$CH_3\ (CH_2)_{22}\ COOH$	زيت الفول السوداني
12. حامض سيروتيك Cerotic (hexacosanoic)	$CH_3\ (CH_2)_{24}\ COOH$	دهن الحيوانات (الصوف)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ثانياً: الأحماض الدهنية غير المشبعة Unsaturated Fatty acids	الرمز	مصادره
أ) أحماض دهنية ذات رابطة ثنائية واحدة		
1. حامض كروتونيك Δ 3:2 Mono ecoic acid	$CH_3CH = CH\ COOH$	
2. حامض باميتوليك 10:9Δ g-Hexadec enoic palmitoleic	$CH_3(CH_2)_5CH=(CH_2)_7\ COOH$	دهون حيوانية وزيوت نباتية
3. حامض أوليك 10:9Δ g-octadecenoic oleic acid	$CH_3(CH_2)_7CH=(CH_2)_7\ COOH$	دهون حيوانية وزيوت نباتية
ب) أحماض دهنية ذات رابطتين ثنائيتين-2Dienoic acids		
4. حامض ريسينوليك 10:9Δ	$CH_3(CH_2)_4\underset{\underset{OH}{|}}{CH}(CH_2)_2\ CH = CH\ (CH_2)_7\ COOH$	
5. حامض لينولييك 13:12,10: Δ 9,12 octadecatrien linolenicacid	$CH_3(CH_2)_4CH\text{-}CH\ CH_2CH\text{-}CH(CH_2)_7\ COOH$	زيت بذور القطن زيت بذور الكتان
جـ) أحماض دهنية ذات ثلاث رابطتين هدنية 3- Trienoic acids		زيت بذور الكتان
6. حامض لينولنك Δ 16:15,13:12,10:9 9,12,15octadectrien linolenicacid	$CH_3CH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7\ COOH$	زيت بذور الكتان
7. حامض أركيدونيك Δ 15:14,12:11,9:8,6:5 5,811,14 Eicosa tetraenoic	$CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH(CH_2)_3COOH$	دهون حيوانية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الجليسرول Glycerol

أحد مكونات الأحماض الدهنية المتعادلة وهو يذوب في الماء، وقابل للتحول إلى جلوكوز وبالعكس أيضاً.

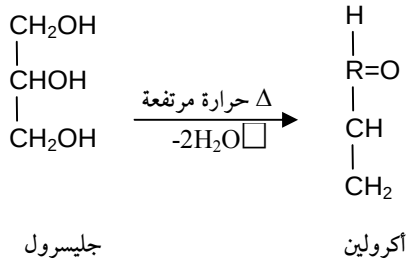
ويعتبر الجليسرول كمحلول ثلاثي الهيدروكسيل يحتوي على 3 مجموعات (OH) ويكون سائلا زيتي القوام، قابلاً للامتزاج بالماء والكحول وهو عديم الذوبان بالايثر حلو المذاق. ويتحول الجليسرول بتأثير الحمضين (H_2SO_4,HNO_3) المركزين إلى جليسرين. ويتحد مع الأحماض الدهنية بواسطة رابطة استيرية.

يستخدم الجليسرين لعلاج أمراض الشرايين والأوردة الدموية فهو يساعد على توسيع الشرايين.

وعندما يتأكسد الجليسرول ينتج مركبات مثل:

Glyceric acid و Dihydroxy acetone و Tartonic acid و Glyceric aldehyde

عند تعرض الجليسرول إلى الحرارة المرتفعة فإنه يفقد جزيئين ماء ويتحول إلى مركب ضار بالصحة له رائحة لادغة يدعى الاكرولين.



شكل رقم (3-1) تكوين الأكرولين

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الخواص الفيزيائية والكيميائية

كلما ازداد الوزن الجزيئي للأحماض الدهنية قلت درجة ذوبانها Solubility بصورة ملحوظة، حيث يمكن اعتبار الكابرويك والكابريليك والكابريك قليلة الذوبان بالماء إذ أن عدد ذرات الكربون من (2-6) بينما لا يذوب حامض اللوريك والأحماض الدهنية ذات الوزن الجزيئي الأعلى بالماء (التي يزيد عدد ذرات الكربون بها عن ست ذرات).

إن أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم للأحماض الدهنية (الصابون) تذوب في الماء، تعتبر الأحماض الدهنية غير المشبعة أكثر فعالية (نشاط) من الأحماض الدهنية المشبعة، لأن الروابط المزدوجة تسمح بإضافة ذرات الهيدروجين إليها وخاصة بوجود عامل مساعد كالنحاس، البلاتين، النيكل، ويستفاد من هذه الخاصية في عملية الهدرجة (صنع المارجرين).

درجة انصهار Melting point الدهون ترتفع نتيجة لعملية الهدرجة (الإشباع).

إن الأحماض الدهنية المشبعة تكون صلبة على درجة حرارة الغرفة، لكن الأحماض الدهنية الغير مشبعة تكون سائلة على درجة حرارة الغرفة أي أن درجة انصهارها أقل.

وتعد حالة الإشباع أو عدمه خاصية كيميائية هامة، وهي تنتج عند تشبع كل الروابط في السلسلة الكربونية روابط أحادية فقط.

كذلك فإن الروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية التي تحتوي على أكثر من رابطة مزدوجة واحدة أي أنها تسمى (Conjugated) ولكنها تكون منفصلة عن بعضها البعض بواسطة مجموعة ميثيلين.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وعندما تفصل الروابط المزدوجة عن بعضها البعض بأكثر من مجموعة ميثيلين عندها تسمى الروابط Nonconjugated.

مثال:

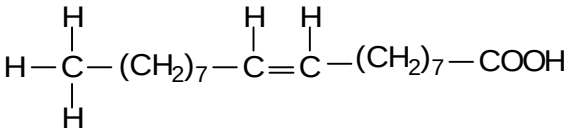
$$- CH = CH - CH = CH -$$

Conjugated

$$-CH = CH-CH_2-CH=CH-$$

Non Conjugated

مثال: حامض الزيتيك في زيت الزيتون



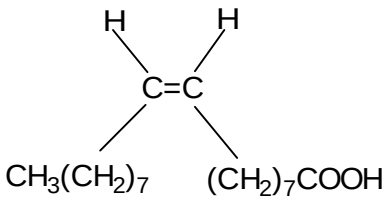
وقد تكون الرابطة الزدوجة واحدة أو أكثر والدهون المشبع قابل للتجمد أكثر من الدهون غير المشبع، لذلك فإن الزيوت النباتية غير المشبعة سائلة ولا تتجمد في درجة حرارة الغرفة.

ومن الأمثلة عليها حامض الأوليك Oleic، حامض اللينولييك Linoleic، وحامض اللينولنيك Linolenic.

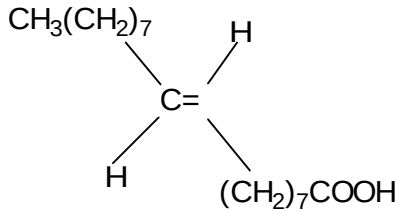
والأحماض الدهنية غير المشبعة ذات الرابطة المزدوجة الواحدة توجد في الطبيعة بوضع نظير Cis، ويمكن صناعيا تحضير نظير Trans.

مثال: في الطبيعة حامض الأوليك Cis Oleic يمكن أن يحضر منه حامض مشابه نظير Trans يسمى حامض الالايديك elaidic.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



Oleic acid Cis



Elaidic acid trans

خصائص الأحماض الدهنية الموجودة في الطبيعة:

1- احتوائها على أعداد زوجية من ذرات الكربون، وتواجدها في سلاسل مستقيمة.

2- درجة إذابتها تعتمد على عدد ذرات الكربون بالسلسلة. كلما زاد عدد ذرات الكربون قلت الذائبية.

3- درجة الإذابة (الانصهار) للأحماض الدهنية تقل مع عدم الإشباع أي أن الأحماض الدهنية غير المشبعة تكون سائلة على درجة حرارة الغرفة.

4- إن الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة (2-6 ذرات كربون) يمكن أن تتقطر مع البخار (Distillation with steam) لذلك تسمى أحماض دهنية متطايرة. والأحماض الدهنية التي يزيد بها عدد ذرات الكربون عن ست ذرات هي غير متطايرة.

5- إن الأحماض الدهنية يمكنها أن تكون استرات مع الكحولات. كما يمكن أن يجرى لها عمليات الهدرجة أو الهلجنة Hydrogenation or Halogenation في عملية الهدرجة يضاف الهيدروجين من خلال الروابط الثنائية إلى الأحماض الدهنية غير المشبعة، أما في عملية الهلجنة فيضاف أحد الهالوجينات كالكلور إلى الأحماض الدهنية من خلال الروابط الثنائية.

$$R-CH=CH-COOH \xrightarrow[\text{Catalyst, heat}]{H_2} R-CH_2-CH_2-COOH$$

الهدرجة Hydrogenation

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$R-CH=CH-COOH \xrightarrow{Cl_2} R-\underset{CL}{CH}-\underset{CL}{CH}-COOH$$

الهلجنة Halogenation

6- تأكسد الأحماض الدهنية Oxidation

الأحماض الدهنية غير المشبعة تكون أكثر عرضة لعملية الأكسدة عند التعرض إلى الهواء (الأوكسجين) وبذلك تتكون البيروكسيدات وخليط من الألدهيدات، والكيتونات، وأحماض دهنية حرة.

يساعد أنزيم الليبوكسديز Lipoxidaze ووجود عوامل مساعدة من بعض المعادن على أكسدة الدهون.

وعندما تحدث عمليات تأكسد للأحماض الدهنية، غير المشبعة على الروابط الثنائية تنتج العديد من المركبات مثل:

أ) الألدهيد aldehyde

$$R-CH=CH-COOH \xrightarrow[\text{تأكسد}]{O_2} R-C(=O)H$$

Unsaturated fatty acids Aldehyde

ب) الأكيتون Ketone

$$R-CH=CH-COOH \xrightarrow[\text{تأكسد}]{O_2} R-C(=O)-CH_2-COOH$$

Unsaturated fatty acids Ketone

كذلك يمكن أن تحدث الأكسدة بواسطة برمنجنات البوتاسيوم KM_nO_4:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH \quad \text{(Oleic acid)}$$

برمنجنات مركزة

$$CH_3-(CH_2)_7-\underset{OH}{CH}=\underset{OH}{CH}-(CH_2)_7-COOH \quad \text{(Dihydroxy stearic)}$$

برمنجنات مع الاستمرار بالتسخين

$CH_3-(CH_2)_7-COOH$ حامض بلارجونيك Pelargonic acid

$+HOOC-(CH_2)_7-COOH$ حامض الازيلايك Azelaic acid

شكل رقم (2-3) أكسدة الأحماض الدهنية بواسطة برمنجنات البوتاسيوم

7- اختزال الأحماض الدهنية Reduction:

تستطيع الكائنات الحية أن تختزل المجموعة الكربوكسيلية (-COOH) بالحامض الدهني لتعطي مجموعة من النواتج كما يلي:

$$1- \quad R-COOH \xrightarrow{\text{اختزال}} R-CHO$$ ألدهيد (Aldehyde)

$$2- \quad R-COOH \xrightarrow{\text{اختزال}} R-OH$$ كحول (cohol)

$$3- \quad R-COOH \xrightarrow{\text{اختزال}} R-CH_3$$ هيدروكربون (Hydrocarbon)

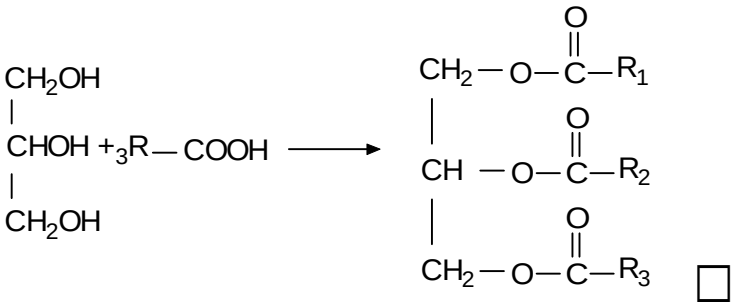
وفي الدماغ توجد الألديهيدات، أما في الشمع فتوجد الكحولات الدهنية، وفي النباتات توجد الكاروتينويدات، ويوجد بالكبد السكوالين Squalene وتعتبر هذه الهيدروكربونات ذات سلسلة طويلة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

8- تتفاعل المجموعة الكربوسيلية في الأحماض الدهنية مع الكحول لتكون استرات متنوعة حسب نوع الكحول وحسب طبيعة الحامض الدهني كما هو الحال عند تكون الدهون، والزيوت والشموع.

مثال:

يتفاعل الجليسرول مع ثلاث أحماض دهنية ليتكون ثلاثي جليسيريد.



جليسرول ثلاثي جليسيريد

التفاعلات الكيميائية للدهون

يتألف جزئ الحامض الدهني من سلسلة طويلة ذات جزء (طرف) قابل للذوبان في الماء (Polar) وهو مجموعة الكربوكسيل، وجزء (طرف) هيدروكربوني غير قابل للذوبان في الماء ولكنه قابل للذوبان في المذيبات العضوية.

وفي حالة تواجد الحامض الدهني بين سطحين أحدهما مذيب مائي والآخر مذيب عضوي فإن الجزء العضوي من الحامض الدهني يتجه نحو المذيب العضوي وكذلك فإن الطرف القطبي (Polar) يتجه نحو المذيب المائي. أي أن المادة العضوية تذوب في المذيب العضوي والمادة القطبية تذوب في الماء. أي المتشابهات تذوب في بعض.

وعند وضع نقطة (قطرة) من حامض الأوليبك (حامض دهني) على سطح الماء يلاحظ انتشار الحامض نتيجة للتآلف بين مجموعة الكربوكسيل (قطبي) والماء (قطبي)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

إلى أن يصبح سمك طبقة الحامض الدهني جزيئاً واحداً عندها يتوقف الانتشار بسبب (فعل) التجاذب بين الأجزاء العضوية (الهيدروكوبونية) والذي يفوق في قوته مقدار التآلف بين الماء والكربوكسيل.

الخواص الفيزيائية للجليسريدات Physical Properties of Triglycerides الثلاثية النقية هي:

أ) لا تذوب بالماء وليس لها لون ولا طعم ولا رائحة، درجة انصهار الجليسريدات الثلاثية المحتوية على نسبة كبيرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة هي درجة انصهار منخفضة كالزيوت النباتية التي تكون سائلة على درجة حرارة الغرفة.

ب) أما درجة انصهار الجليسريدات Melting Point الثلاثية الخليطة فتكون غير ثابتة، أي أن لها تعدد نقاط انصهار يعتمد على تركيبها وعلى طول السلسلة وعلى درجة الإشباع. فالأحماض الدهنية قصيرة السلسلة لها درجة انصهار منخفضة أي أنها سائلة.

ج) درجة الذائبية Solubility لا تذوب المواد الدهنية بالماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية كالايثر.

د) من المعروف أن جزيء الجليسريد المحتوي على حامضين دهنيين مختلفين في الوضعين α، α يكون نشطاً ضوئياً بسبب عدم التناسق asymmetry حول ذرة الكربون في الوضع بيتا.

ألفا- استيارو $\alpha\text{–}CH_2O\text{–}OCC_{17}H_{35}$

بيتا- أوليو $\beta\text{–}CH_2O\text{–}OCC_{17}H_{33}$

ألفا- بالمتين $\alpha\text{–}CH_2O\text{–}OCC_{15}H_{31}$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الخواص الكيميائية لليبيدات Chemical Properties of Lipids

1. التحلل المائي Hydrolysis.
2. الهدرجة Hydrogenation.
3. الهلجنة Halogenation.
4. الرقم اليودي Iodin number.
5. التزنخ Rancidity.

تصنيف الدهون Classification of Lipids

1. ليبيدات بسيطة Simple Lipids.
2. ليبيدات مركبة Compound Lipids.
3. ليبيدات مشتقة Derived Lipids.

أ) ليبيدات بسيطة Simple Lipids

وهي عبارة عن استرات لأحماض دهنية مع الكحول (جليسيرول) وتعطي عند تحللها أحماضاً دهنية وكحولاً فقط لذلك فهي تسمى بسيطة وتقسم تبعا لنوع الكحول إلى قسمين دهون متعادلة Neutral Fats وشموع Waxes.

1- الدهون Fats والزيوت Oils

وتعتبر الزيوت أو الدهون استرات لأحماض دهنية أحادية الكربوكسيل وجليسرول، حيث يحتاج الجليسرول حتى يتأستر كليا إلى ثلاث جزيئات من الأحماض الدهنية. وهي ذات وزن جزيئي عالي.

وهي تسمى أيضاً الجليسريدات الثلاثية Triglgcerides.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

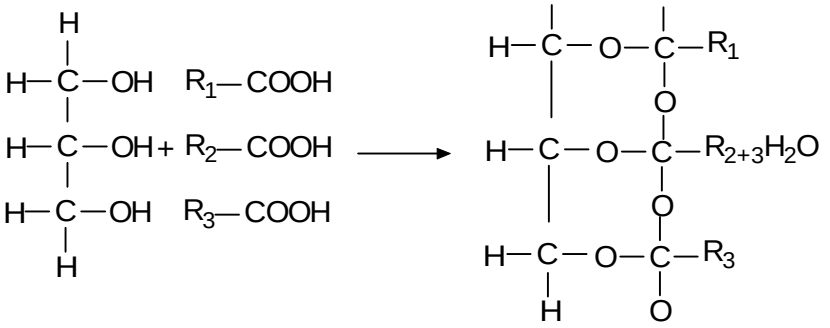
وتتكون بارتباط ثلاث وحدات من الأحماض الدهنية بجزئ جليسرول Glycerol بواسطة روابط استيرية Ester linkage يمكن كسرها بالتحليل المائي القلوي.

الفرق بين الدهون والزيوت هو في الخواص الطبيعية ويظهر فقط بكون الدهون على درجة حرارة الغرفة تكون صلبة بينما الزيوت تكون سائلة، فالدهون والزيوت لهما نفس الخواص الكيميائية.

التركيب الكيميائي للدهون Chemical Structure of Fats

الجليسريدات الثلاثية Triglycerides:

وهي تتكون من ثلاث جزيئات من الأحماض الدهنية مرتبطة مع جزئي جليسرول بروابط استرية.



شكل (3-2) تشكل ثلاثي الجليسريد

إن الدهون الموجودة في الطبيعة تكون عبارة عن خليط من الجليسريدات الثلاثية المختلفة (جليسريدات مختلطة) عندما يحدث تكوين استر لمجموعات

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

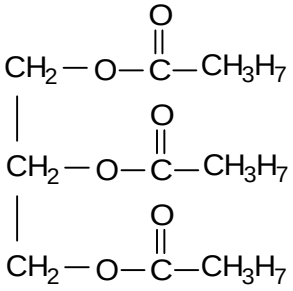
الهيدروكسيل الثلاثة الموجودة في الجليسرين فإن الدهن المتكون يسمى جليسريد ثلاثي.

التسمية

تسمية الجليسريدات الثلاثية

تسمى الجليسريدات الثلاثية التي تحتوي على ثلاثة أحماض دهنية من نفس النوع جليسريدات ثلاثية بسيطة، ويوضع المقطع ثلاثي (Tri) في بداية الاسم والمقطع (in) محل المقطع الأخير (ic-) في الحامض الدهني.

مثال (1):



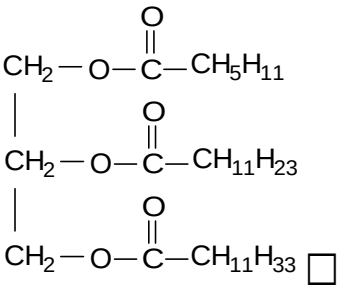
ثلاثي بيوترين Tributyrin

بمعنى أن الدهن البسيط الذي يحتوي على ثلاث جزئيات من حامض البيوتريك يسمى بالبيوترين الثلاثي.

مثال (2):

بالنسبة للجليسرات الثلاثية المختلطة والتي تحتوي على ثلاثة أحماض دهنية مختلفة، فيوضع المقطع (yl-) في نهاية الحامضين الدهنيين الأوليين، ويوضع المقطع (in-) في نهاية الحامض الدهني الثالث.

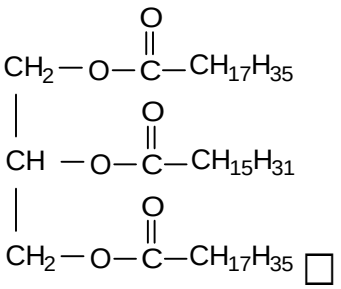
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



α-Caproyl. β-Lauryl . α-Olein

مثال (3):

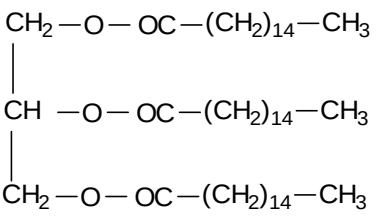
عندما تحتوي الجليسريدات الثلاثية على حامضين من نفس النوع والآخر مختلف، يستخدم المقطع (-di) ثنائي، والمقطع (-in) في نهاية الحامض الدهني الثالث.



β-Palmatyl-α . α-Distearin

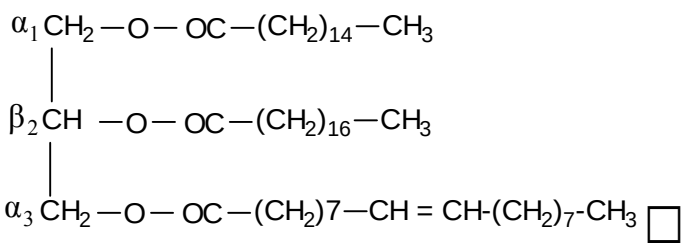
كما يرمز لذرات كربون جزئي الجليسرول (α,β,α) من الأعلى إلى الأسفل، ويلاحظ أن الموقعين (α,α) لا يختلفان عن بعضهما البعض، بمعنى أن انقلاب الجزيء لا يغير في هذين الموقعين.

أمثلة على الجليسريدات



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جليسريد بسيط Tripalmitin

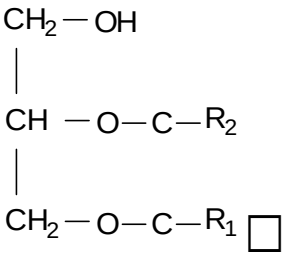


جليسريد مختلط 1- palmito, 2-Stearo Olein (1-Palmito, 3-Oleostearin)

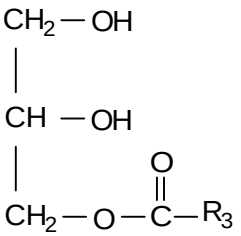
الجليسريدات الثنائية والأحادية

Diglycerides and Monoglycerides

أثناء تخزين الدهون تتحلل الجليسريدات الثلاثية إلى جليسريدات ثنائية وأحادية.



ثنائي جليسريد



أحادي جليسريد

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وتتحلل الجليسريدات الثلاثية إلى الجليسرول والأحماض الدهنية الحرة، وتساعد الأنزيمات ووجود الماء، ودرجة الحرارة على هذا التحلل.

2- الشموع Waxes:

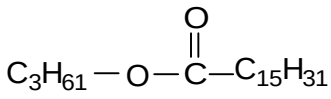
وهي عبارة عن استرات أحماض دهنية طويلة السلسلة مع كحولات أحادية الهيدروكسيل (غير الجليسرين)، وهي ذات وزن جزيئي عالي.

فالفارق بين الدهون والشموع هو وجود الجليسرول مرتبطا برابطة استيرية بالأحماض الدهنية في الدهون بينما تحتوي الشموع على كحولات أخرى طويلة السلسلة بخلاف الجليسرين.

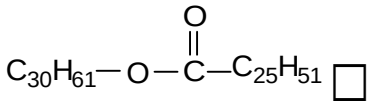
مثال: شمع العسل عبارة عن استر حامض البالمتيك مع كحول الميريسيل Myricyl ذو السلسلة المستقيمة (Myricyl Plamitate).

$$CH_3\,(CH_2)_{29}\,OH$$

فالشموع أكثر مقاومة من الدهون وتحتاج إلى درجات حرارة عالية ووسط قاعدي. وتحتوي الشموع الطبيعية على البارافينات وأحماض دهنية غير مشبعة محتوية على مجاميع هيدروكسيلية، كما تحتوي الشموع على الكحولات الثانوية والكيتونات.



شمع العسل



Carnauba wax (Myricyl cerotate)

ب) الليبيدات المركبة Compound Lipids

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وهي عبارة عن استرات أحماض دهنية مع كحولات ومتحد معها عناصر أخرى بالإضافة إلى الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والفوسفور وكربوهيدرات وبروتين وكبريت.

أولاً: الفوسفوليبيدات Phospholipids

وهي استرات أحماض دهنية مع كحول (جليسريدات ثنائية) وتحتوي على حامض فوسفوريك وقاعدة نيتروجينة، وسميت بهذا الاسم لأنها تحتوي على الفوسفور ومن الأمثلة عليها السيفالين Cephalins، اسفنجوميلين Sphingcmylins Lins، الليسيثين Lecithins.

وتعنى الفوسفوليبيدات بأهمية بالغة لوجودها في الأنسجة العصبية للحيوان والفوسفوليبيدات جميعها في بلازم الدم تحتوي على كولين، ايثانول أمين، سيرين.

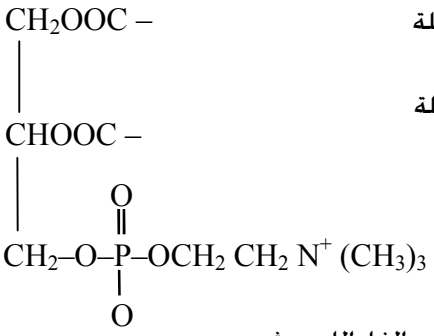
1. الليسيثين Lecithins

يعتبر الليسيثين واحد من أهم المركبات الفوسفوليبيدية حيث ترتبط في جزيئة إحدى مجموعات الهيدروكسيل الثلاثة الموجودة في جزئ الجليسرول بحامض فوسفوريك بفعل القاعدة النيتروجينية (الكولين Choline) إلى استر.

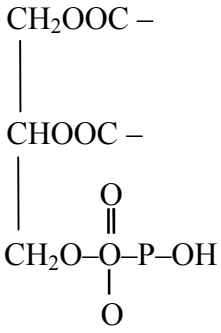
أما مجموعتان الهيدروكسيل المتبقية في جزئ الجيسرول فيكونان رابطتين استيريتين مع أحماض دهنية طويلة السلسلة كالبالمتيك أو الأوليبك.

تختلف الجليسروفوسفاتيدات الموجودة في الأنسجة المختلفة للجسم في التركيب كأن ترتفع نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة ذات الروابط المزدوجة من سلسلة C_{22} في المركبات الموجودة في الدماغ عن بقية المركبات الموجودة في أنسجة الجسم الأخرى.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



الفا-الليسيثين



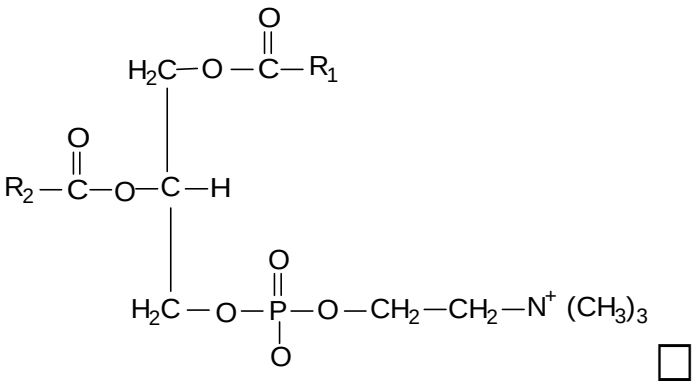
الفا- حامض فوسفاتيديك

إن الفوسفاتيدات المحتوية على مجموعتين حامضيتين من حامض الفوسفوريك غير مستبدلتين تسمى أحماضاً فوسفاتيدية Phosphatidic acids.

يعتبر جزئ الليسيثين أيون ثنائي الأقطاب dipolar ion لأنه يحتوي على شحنة سالبة فوق حامض الفوسفوريك يعادلها شحنة موجبة على نيتروجين الكولين.

نقطة التعادل الكهربائي Isoelectric point لمركب الليسيثين على PH=6.5.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



L-α-Lecithin (Hposphatidyl choline)

ومن خصائص الليسيثين أنه يذوب بدرجة بطيئة في الماء ويشكل محاليل غروية، ويذوب في المذيبات العضوية باستثناء الاسيتون، وذو لون أصفر، يتأكسد بسرعة ويعطي لون (قاتم أسود)، ويمكن أن يتحلل بفعل القلويات ليكون صابون وجليسرول وحامض فوسفوريك، وكولين.

ويتحلل أيضاً بفعل أنزيم Lecithinase A ويزيل بذلك الأحماض الدهنية المشبعة، وينتج Lysolecithin لايسوليسيثين الذي يسبب تحلل خلايا الدم الحمراء. ومن الجدير بالذكر أن Lecithinase يوجد في سم الأفاعي.

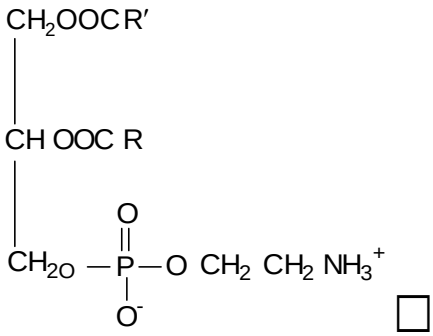
2. السيفالين Cephalins

أبسط أنواع السيفالين هي الأمينوايثانول سيفالينات Aminoethanol Cephalins ويسمى أيضاً فوسفاتيديل امينواثيالولات Phosphatidyl aminethanals.

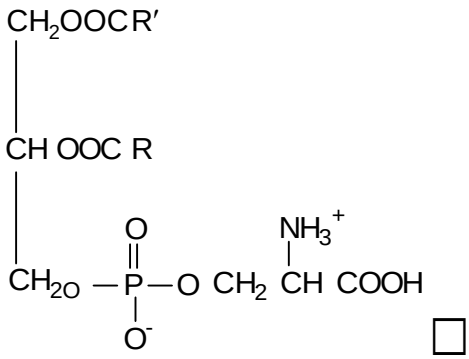
إن السيفالينات مواد أكثر حموضة من الليسيثين لأن مجموعة الأمين في الإيثانول أمين أقل قاعدية من نيتروجين الكولين.

من الأمثلة على السيفالينات هو الفوسفاتيديل سيرين Phosphatidyl-L-Serine، حرف L يعني أنه سيرين يساري.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



فوسفاتيديل أمينو إيتانول L-α-Cephalin

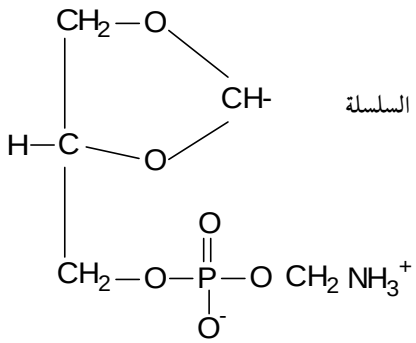


فوسفاتيديل سيرين

3. أسيتال فوسفوليبيدات Acetal Phospholipids

وتسمى أيضاً Plasmalogens وتوجد في العضلات والمخ، وقد تحتوي بعض مركبات الأسيتال فوسفاتيد على كولين بدلا من الايثانول أمين، وقد يدخل الاينوسيتول Inositol في تكوين بعض الفوسفوليبيدات.

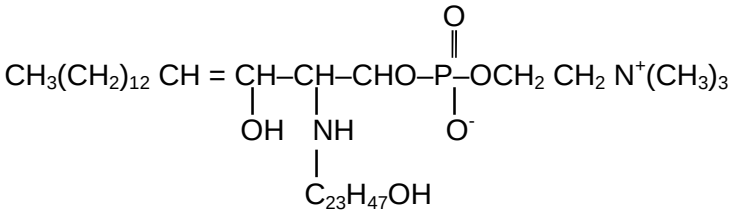
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



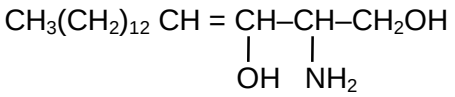
الدهيداليفاتي طويل السلسلة

4. سفنجوميلين Sphingomyelin

وهي توجد في أنسجة المخ وتتميز بسهولة بلورتها، وتتحلل مائيا إلى قاعدتين نيتروجينيتين هما الكولين Choline والأسفنجوزين Sphingosine وأحماض دهنية وحامض فوسفوريك.



سفنجوميلين

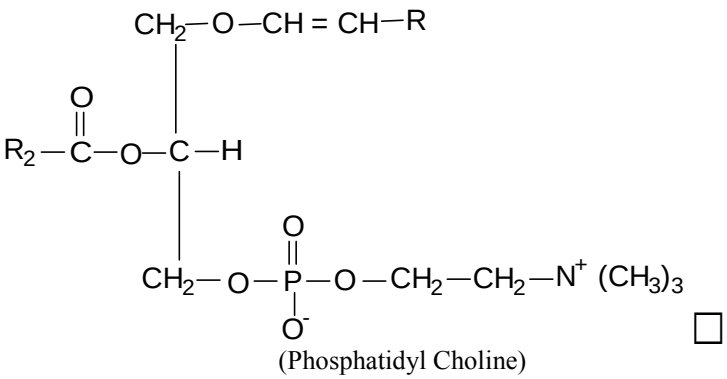


سفنجوزين

5. البلازموجينات Plasmogens

وهي توجد في أغشية الأنسجة العضلية، والقلب والدماغ وهي من المكونات الثانوية للفوسفاتيدات، وهي تختلف عن الليسيثين والسيفالينات بأن الحامض الدهني في الموقع الأول (الفا) يستبدل بايثر غير مشبع.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



(Phosphatidyl Choline)

وهناك فوسفاتيدات الاينوسيتول، وفوسفاتيدل جليسرول

ثانياً: الجليكوليبيدات Glycolipids

وهي استرات أحماض دهنية مع كحولات وتحتوي على دهون متعادلة متحدة مع كربوهيدرات، سميت بهذا الاسم لأنها تحتوي على كربوهيدرات ومن الأمثلة عليها السربروزيدات Cerebrosides وجانجوليزدات Gangliosides وتوجد في خلايا الدم، وتوجد في الأنسجة الدماغية وتسمى فخشوكية.

والسربوزيدات ثلاث أنواع هي:

1. الكيرازين Kerasin.
2. الفرينوزين Phrenosin ويسمى أيضا سربرون Cerebron.
3. النرفون Nervon.

ثالثاً: الليبوبروتينات Lipoprotein

وهي استرات أحماض دهنية مع كحولات (مركبات ليبيدية) متحدة مع البروتين وتوجد في بلازما الدم.

جـ) الليبيدات المشتقة Derived Lipids

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وهي عبارة عن مركبات دهنية مشتقة من ليبيدات بسيطة أو معقدة، تتكون أما بالتحليل المائي أو الأنزيمي للمركبات الدهنية وتشمل:

1-الأحماض الدهنية Fatty Acids: وهي أهم مكونات الترايجلسيريدات Triglycerides وهي قد تكون أحماض دهنية مشبعة أو غير مشبعة.

2-كحولات مثل الجليسرول أو كحولات أعلى من الجليسرول كالأينوزيتول (Inositol)، والاسيترولات (Sterols) وفيتامين د.

3-هيدروكربونات.

فساد الزيوت والدهون والمنتجات الدهنية

تمتاز الدهون بمكانة خاصة في تغذية الإنسان، فهي مصدر مركز للطاقة، ويعطي للإنسان الإحساس بالشبع ولذة خاصة للأطعمة، كما أن الدهون مصدر للأحماض الدهنية الأساسية، والفيتامينات الذائبة في الدهون (A,D,E,K).

فالزيوت والدهون هي أستر أحماض دهنية فهي جليسرول بثلاث مجموعات كحولي "ثلاثي جليسرول" وهي ذات سلاسل مختلفة الطول.

فالدهون مواد حساسة للحرارة،والضوء، والماء، والهواء، وبعض المعادن كالنحاس، والبكتيريا، والخمائر، والفطريات، وعند فساد الدهون تحدث سلسلة من التفاعلات الكيميائية ينتج عنها مركبات لا حصر لها مثل الألدهيدات، والكيتونات، وأحماض الهيدروكسيل، والكحول، والأحماض الدهنية الحرة قصيرة السلسلة، والبيروكسيدات..الخ. وأول المركبات المتكونة هي البيروكسيدات والهيدروبيروكسيدات، والدهون الفاسدة ليست صالحة للاستهلاك البشري، وتشكل خطر على صحة الإنسان، وتسبب للحيوانات بعض الأمراض الجلدية.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ولكل دهون درجة مقاومة للفساد أو التزنخ أو التأكسد تعتمد على درجة التشبع للدهون، ونوعية الدهون، ومقدار ونوع مضادات التأكسد الطبيعية أو الصناعية المضافة، كما تعتمد على تاريخ الدهون أي على مقدار التأكسد السابق أو على الاستعمال السيء للدهون، والتخزين والتداول والتسويق السيء، ويمكن قياس درجة مقاومة الدهون للتأكسد Oxidation stability index (OSI) ومبدأ عمل طريقة القياس هذه تعتمد على كون عملية تأكسد الدهون في بداية التأكسد بطيئة وتستمر بطيئة إلى أن تنفذ المواد المضادة للتأكسد، عندها تصبح عملية التأكسد سريعة جداً، والزمن المستغرق لبداية حدوث التأكسد السريع للدهون وهو ما يعرف بـ Induction Period. أي أنه مؤشر أو مقياس لدرجة مقاومة الدهون للتأكسد والفساد.

وجهاز الرنسيمات Rancimat، جهاز حديث يستخدم في أنابيب الجهاز الخاصة النظيفة والجافة، ثم يغير الجهاز من حيث الحرارة وضغط الهواء، ويبدأ الجهاز بإمرار الهواء خلال عينة الدهون الذي يبدأ بالتأكسد ونتيجة لذلك تبدأ المواد الطيارة بالخروج من الزيت وتتصاعد لتمر خلال أنابيب الماء النقي الصافي (Deionized water) ويبدأ الماء امتصاص المواد الطيارة هذه وبذلك تتغير درجة توصل الماء (Conductivity)، حيث يقوم الجهاز وباستمرار وبواسطة الكمبيوتر بقياس درجة التوصيل، حتى تصل درجة توصيل الماء أعلى ما يمكن (Peak) عندها يقاس الزمن بالساعة، فيكون هذا الزمن هو مقياس لدرجة مقاومة الدهون للتأكسد والفساد، فكلما زاد الزمن يعني أن الدهون أكثر ثباتا وأكثر مقاومة للفساد.

وهناك العديد من الاختبارات للتعرف على جودة الزيوت والدهون وعلى سلامتها وعدم فسادها، مثل اختبار البروكسيد Peroxide Value حيث أن زيادة رقم البروكسيد عن 10 يدل على عدم صلاحية الزيت، وهناك أيضاً قياس قيمة الحامض

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Acid Value وإن ارتفاع قيمة الحامض عن 1.5٪ يدل على تحلل وفساد وعدم صلاحية الزيوت والدهون للاستهلاك البشري.

وفساد الزيوت والدهون إما أن يكون مائياً أو هوائياً، ويحدث الهوائي أي الأكسدة على الروابط غير المشبعة الثنائية والثلاثية للأحماض الدهنية وينتج عن تأكسد الزيوت والدهون ظهور الطعم والرائحة المرة غير المرغوبة، ويصبح اللون أفتح، ويتغير قوام الزيت أو الدهن، ويفقد الزيت أو الدهن طعمه، ولذته، وتتكون بعض المواد الضارة أو المسرطنة أو السامة للإنسان،، وتتحطم فيتامينات E,A وبعض الأحماض الدهنية الأساسية مثل Linoleic والأركودنيك وبذلك تنخفض القيمة الغذائية للزيوت أو الدهون.

فساد الزيوت أو الدهون يمكن تقسيمه إلى أربع مجموعة رئيسية هي:

1- التحلل المائي أو التزنخ المائي Hydrolytic Rancidity:

عبارة عن تحلل الزيوت أو الدهون بالماء بسبب تفاعل الماء مع الدهون أو الزيوت وقد يحدث بمساعدة الأنزيمات والعوامل المساعدة ونيتج عن هذا التحلل أحماض دهنية حرة وقصيرة بالإضافة إلى تكون ثنائي أو أحادي الجيلسيريدات، ومن الجدير ذكره هنا، أن المنتجات الطبيعية الطازجة خالية من الجلسيربدات الأحادية أو الثنائية.

2- التزنخ Rancidity:

ويحدث بفعل تحلل أو تأكسد الزيوت أو الدهون وبذلك تتغير النكهة والرائحة بشكل غير مرغوب به، والتزنخ نوعين رئيسيين هما: التزنخ التأكسدي Oxidative Rancidity أو ما يسمى أيضا التلف التأكسدي Oxidative Deterioration حيث

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تحدث الأكسدة الذاتية عن طريق تفاعل الأوكسجين مع الزيوت أو الـدهون والنـوع الثاني أي التزنخ التحللي أو المائي أي أنه يحدث بفعل الماء.

3- تغيير النكهة أو الطعم Flavor Reversion:

حيث تتأكسد الزيوت أو الدهون المحتوية على أحماض دهنية تحتوي على ثـلاث روابط أو أكثر، فتتغير نكهة الزيوت أو الدهون فتوصف النكهة بسمكي أو بقولي.

وبعد ذلك يحدث نكهـة متأكسـدة Oxidized Flavor وبـذلك تتلـف النكهـة، وعندها توصف النكهة بعـدة أوصـاف مثـل Oily أو Cappy أو Cardboardy وقـد وجد أن الضوء والمعادن النشطة تسرع في حدوث هذا الفساد.

4- التزنخ الأنزيمي Enzymatic Oxidation:

وهذا النوع من الفساد يحدث بسبب تأكسد الزيوت والدهون بواسطة الأنزيمات مثـل أنـزيم Lipoxidase ونتيجـة تحطـم الـروابط المزدوجـة بـين ذرات الكربـون في سلاسل الأحماض الدهنيـة غـير المشـبعة، يـتغير طعـم ونكهـة الزيـوت أو الـدهون، والنتيجة يحدث ما يسمى بالبلمرة للتأكسد وللمركبـات الناتجـة عـن الأكسـدة وهـذه مرحلة متقدمة في فساد الزيوت أو الدهون.

العوامل التي تؤثر على فساد الزيوت أو الدهون:

1. درجـة الإشـباع: فكلمـا ازدادت عـدد الـروابط الثنائيـة أو الثلاثيـة "عـدم الإشباع" ازدادت سرعة عمليات الفساد.
2. العوامل المساعدة على الأكسدة: مثل الأنزيمات المؤكسدة، أو مركبات الهيماتين أو صـبغات الكـروتين والكلورفيـل، أو العناصـر المعدنيـة النشـطة كالنحـاس والحديد تسرع وتشجع عمليات تأكسد وفساد الزيوت أو الدهون.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3. المواد المضادة للتأكسد سواء كانت مضادات طبيعية أو صناعية مضافة، يمكنها أن توقف أو تبطئ عملية التزنخ الناتج عن التأكسد، لكنها لا توقف ولا تبطئ عملية التزنخ الناتج عن التحلل المائي أو الأنزيمي.
4. طبيعة الأحماض الدهنية: حيث أن الأحماض الدهنية نوع Trans أكثر ثباتا وأكثر مقاومة للفساد من الأحماض الدهنية نوع CIS وكذلك، فالأحماض الدهنية نوع Conjuge أكثر نشاطا وأقل ثباتا لذلك فهي تتأكسد وتفسد بشكل أسرع من بقية أنواع الاحماض الدهنية.

ومن الجدير بالذكر أن الأحماض الدهنية في الطبيعة هي نوع Cis فقط، ولكن عند تصنيع الزيوت والدهون كهدرجة الزيوت وبفعل الحرارة العالية يتكون نظائر Trans كما تتكون Conjuge، ولكن وكما أشارت العديد من الدراسات أن لها علاقة بزيادة احتمالات الإصابة بأمراض القلب.

ميكانيكية تفاعل أكسدة الزيوت أو الدهون:

قد تتم عملية الأكسدة بالفوتونات الضوئية Photooxidation بواسطة أشعة الشمس "الفوتونات" يتكون أكسجين أحادي والذي سرعان ما يتحد مع جزئي أكسجين ليكون أكسجين ثلاثي نشط جداً يتفاعل مع الروابط غير المشبعة في الزيوت أو الدهون في سلسلة من التفاعلات لينتج عنها هيدروبيروكسيدات Hydroperoxides وكذلك تحدث الأكسدة بواسطة الأنزيمات كأنزيم Lipoxygenase الذي يحفز عمليات الأكسدة، وأيضا يحدث ما يسمى بالأكسدة الأتوماتيكية Otooxidation وهي من أهم وأخطر أنواع ومراحل تأكسد الزيوت أو الدهون، ويعتقد أن مراحل عملية التأكسد تقسم إلى ثلاث مراحل هي:

أي يحدث تفاعل بين الأوكسجين مع الجذر الحر ليكون (Peroxy Free Radica)، وهناك تتفاعل من الجذر الحر النشط بدوره مع ذرة هيدروجين من

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الحامض الدهني غير المشبع ليتكون البروكسيد والهايدروبيروكسيدات، ويتكرر هذا التفاعل آلاف المرات.

1- Initation (مرحلة الابتداء)

$$RH + O_2 \xrightarrow{\text{catase الضوء}} \dot{R} + \dot{H}$$

2- Progagation (مرحلة التكاثر)

$$\dot{R} + O_2 \longrightarrow \dot{R}O_2$$
$$\dot{R}O_2 + O_2 \longrightarrow \dot{R}O_2$$

3- Termination (مرحلة الإنهاء)

$$\dot{R} + \dot{R} \longrightarrow R\text{-}R$$
$$RO_2 + \dot{R} \longrightarrow RO_2R$$

أي أن الجذور الحرة تتفاعل مع بعضها البعض لتكون مركبات.

وتقوم بعض شركات تصنيع الأغذية بتقليل نسبة الأحماض الدهنية المشبعة، وزيادة نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة، وبالحقيقة فإن هذا الإتجاه مفيد للصحة فهو يساهم في تقليل احتمالات الإصابة بأمراض القلب، وارتفاع دهون وكولسترول الدم، والسرطان، لكن على هذه المصانع أن تقدر كمية مضادات "مانعات" التأكسد الواجب إضافتها لمنع فساد أو لمنع تأكسد الأحماض الدهنية غير المشبعة لأنها أسرع فساداً وأسهل من الأحماض الدهنية المشبعة، وكذلك بهدف تغطية الزيادة في احتياجات الجسم البشري من فيتامين هـ (E) الناتجة عن زيادة استهلاك الأحماض الدهنية غير المشبعة وأفضل تركيز يمكن استخدامه 0.01-0.02٪.

ولتأخير حدوث أو لمنع حدوث فساد للزيوت أو الدهون أو المنتجات الدهنية الأخرى يجب العمل أولاً على شراء المواد الأولية الداخلية في تصنيع الزيوت

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

والدهون والمنتجات الدهنية من مصادر موثوقة وبمواصفات قياسية مناسبة، كذلك فإن هدرجة الزيوت تساهم في حفظ وزيادة العمر التخزيني لهذه المنتجات، أيضاً تضاف مانعات التأكسد الطبيعية أو الصناعية، كما يجب حماية هذه المنتجات من عوامل الفساد المختلفة مثل الضوء، والحرارة والرطوبة المرتفعة، والهواء "الأكسجين" والمعادن النشطة، والعمل على منع تلوث هذه المنتجات والمواد الأولية بالمعادن النشطة كالنحاس، أو الماء، وتغليف هذه المنتجات تحت التفريغ ومنع التماس مع الهواء أو الماء، واستخدام مواد تغليف مناسبة، وتداول وتخزين وتسويق هذه المنتجات بطريقة صحيحة بعيداً عن الحرارة المرتفعة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

التنرنخ التحليلي

1) التحلل المائي Hydrolysis

نقصد بالتحلل المائي للدهون تحطم الدهون بإضافة الماء إلى مكوناته، وبالإضافة إلى الماء فإن التحلل المائي يحدث بمساعدة مجموعة من المساعدات هي:

أ- الأنزيمات: وعند إضافة الأنزيمات يسمى تحلل مائي أنزيمي Enzymatic Hydrolysis حيث ينتج ثلاث أحماض دهنية وجليسرول.

بفعل تأثير أنزيم الليبيز Lipase تتحلل الروابط الأسترية de-esterification، والليبيزات متخصصة لأنواع الأحماض الدهنية أو لمواقع معينة على الروابط الاسترية، **مثال:**

لايبيز البنكرياس متخصص في تحليل مواقع 3، 1 للأحماض الدهنية القصيرة.

في الأطعمة ونتيجة فعل اللايبيز يظهر طعم لاذع بسبب تحرر الأحماض الدهنية الحرة. كذلك فإن ظهور فعل الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة كحامض البيوتريك يعطي الأطعمة رائحة خاصة، وهذا ما يسمى بالتحلل المائي أو التنرنخ التحللي Hydrolytic Rancidity

إن ظهور الأحماض الدهنية الحرة في الأطعمة هو شيء غير مرغوب، ويجب أن لا يزيد على 1.5٪ مقدر كحامض أوليك.

ب- الأحماض: وعندما يضاف الحامض إلى الماء يسمى تحلل مائي حامضي Acid hydrolysis وينتج فيه ثلاث أحماض دهنية وجليسرول.

جـ- القواعد: عند إضافة القاعدة إلى الماء يسمى تحلل مائي قاعدي Alkali hydrolysis.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تتحلل الجليسريدات الثلاثية في الوسط القاعدي وبشكل سريع إلى أحماض دهنية وجليسرول، ويقترن بالتحلل المائي للدهون عملية التصبن Saponification لأنه ينتج الأملاح القاعدية للأحماض الدهنية تسمى صابون Soap.

وبعملية التصبن يتكون صنفين هما:

1- القسم المتصبن Sponifiable Fraction: وهو الجزء الدهني الذي يصبح ذائباً في الماء بعد عملية التحلل المائي القاعدي.

2- القسم غير المتصبن Non Sponifiable Fraction وهو الجزء الدهني الذي يبقى ذائبا في المذيب العضوي (الايثر) ولا يذوب في الماء بعد عملية التصبن.

باختلاف نوع القاعدة المستعملة في صنع الصابون يختلف نوع الصابون المنتج كما يلي:

1- صابون صلب (جامد) ينتج باستعمال هيدروكسيد الصوديوم وهو يسمى أيضاً الصابون العادي أو صابون الصوديوم وهو ذائب بالماء.

2- صابون لين (غير جامد) ينتج باستعمال هيدروكسيد البوتاسيوم ويسمى أيضاً صابون البوتاسيوم أو الصابون الأخضر وهو ذائب بالماء.

3- صابون الكالسيوم أو صابون المغنيسوم وهما ينتجان باستعمال هيدروكسيد الكالسيوم أو هيدروكسيد المغنيسيوم وهما غير ذائبان في الماء.

مبدأ عمل الصابون:

إن الصابون يقلل من التوتر السطحي، ويعمل على تكوين مستحلب للمواد الدهنية وبذلك يمكن إزالتها بالماء.

حيث أن الصابون مكون من شقين، شقاً عضويا يذوب بالمواد الدهنية (الأوساخ) والشق الآخر غير عضوي يذوب بالماء وبذلك يعمل الصابون على التنظيف.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2) الهدرجة Hydrogenation:

حيث يمكن تشبيع الأحماض الدهنية بعملية الهدرجة وذلك بإضافة الهيدروجين للروابط المزدوجة في وجود عامل مساعد مناسب مثل البلاتين Platinium أو النيكل أو البلاديوم Palladium وبوجود ضغط مرتفع.

وبعملية الهدرجة يمكن تحويل الأحماض الدهنية غير المشبعة الأوليك واللينولييك، واللينوليك إلى حامض استياريك Stearic acid، أي أنها عملية تعتمد على وجود أحماض دهنية غير مشبعة وبعملية الهدرجة تتكثف الزيوت وتصبح صلبة لذلك تسمى عملية الهدرجة أيضاً بتقسية الزيوت.

هناك علاقة واضحة بين درجة الإشباع ودرجة (نقطة) انصهار المواد الدهنية، فكلما زادت نسبة الإشباع كلما ارتفعت نقطة الانصهار.

فتتحول الزيوت النباتية (Vegetable Oil) بواسطة عملية الهدرجة إلى دهون صلبة (Solid Fats) مثل عملية صنع المارجرين (Margarine)، وفي صناعة المارجرين تجري عملية إشباع لجزء من الروابط الثنائية وليس جميعها تجنيا لصلابة المنتج ولتجنب صعوبة الهضم ولتجنب تكون أحماض دهنية من نوع Trans وهو الشكل الضار بالصحة والذي يعتقد بأنه مسرطن.

$$R-CH=CH-COOH \xrightarrow[\text{ضغط مرتفع}]{H_2, Ni} R-CH_2-CH_2-COOH$$

لقد كان الهدف الأول لإنتاج وصناعة المارجرين هو تقليد إنتاج الزبدة ولكن المارجرين يختلف عن الزبدة بما يلي:

1. عدم احتوائه على الأحماض الدهنية الأساسية.
2. عدم احتوائه على الفيتامينات الذائبة في الدهن (A,D,E,K).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

لذلك يجري تدعيم المارجرين بهذه المواد، مع الأخذ بالمواصفات والمقاييس المحلية والعالمية عند إضافة هذه المواد.

3) الهلجنة Halgenation:

تحدث تفاعلات الهلجنة في الأحماض الدهنية غير المشبعة للمواد الدهنية.

$$HOOC-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-CH_3 \xrightarrow{\text{اليود}}$$
$$HOOC-(CH_2)_7-\underset{|}{C}H=\underset{|}{C}H-(CH_2)_7-CH_3$$

ثنائي ايوديد حامض ستياريك Diiodo Stearic acid

4) الرقم (العدد) اليودي Iodine number:

إن الروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية لها القدرة على ربط ذرات اليود، ولهذا يمكن استخدام الرقم اليودي دليلاً على نسبة وحدات الحامض الدهني غير المشبع في ثلاثي الجليسريد.

يعرف الرقم اليودي بأنه عدد جرامات اليود التي ترتبط بمائة جرام من المادة الدهنية أي أنه عدد جرامات اليود اللازمة لإشباع الروابط الثنائية (المزدوجة) الموجودة بمائة جرام من الزيوت أو الدهون.

فالرقم اليودي مقياس ومؤشر على درجة الإشباع، بمعنى أنه كلما زاد الرقم اليودي كلما ازدادت درجة عدم التشبع.

5) الأكسدة Oxidation

إن الدهون مواد حساسة للحرارة، والضوء، والماء والهواء ولبعض المعادن كالنحاس، والبكتيريا، والخمائر، والفطريات وعند فساد الدهون تحدث سلسلة من التفاعلات الكيميائية ينتج عنها مركبات لا حصر لها مثل الألدهيدات، والكيتونات،

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وأحماض الهيدروكسيل، والكحول، والأحماض الدهنية الحرة القصيرة السلسلة، والبيروكسيدات،...الخ.

والدهون الفاسدة المتزنخة ليست صالحة للاستهلاك البشري، وتشكل خطراً على صحة الإنسان، كما تسبب للحيوانات بعض الأمراض الجلدية.

ولكل دهن درجة مقاومة للفساد أو التزنخ تعتمد على درجة التشبع للدهون، ونوعيته ومقدار ونوع مضادات التأكسد الطبيعية أو الصناعة المضافة إليه. كذلك تعتمد على تاريخ الدهون أي مقدار التأكسد والتزنخ السابق، وعلى الاستعمال السيء له، والتخزين والتداول والتسويق.

بالإضافة إلى التحلل المائي للدهون فإن النوع الثاني للتزنخ Rancidity ينتج عن تفاعلات الأكسدة.

وأكسدة الأحماض الدهنية يزداد بوجود روابط غير مشبعة، وتسمى "أكسدة الدهون التلقائية غير الأنزيمية عند تعرضها إلى الهواء بالأكسدة الذاتية autoxidation ويساهم أنزيم الليبوكسيديز Lipoxidase في أكسدة الزيوت النباتية، كما يساعد الهيماثين hematin في أكسدة الدهون الحيوانية.

إن الروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية قابلة للأكسدة وقد تحدث الأكسدة بتأثير أنزيم الليبوكسيديز أو في وجود عوامل مساعدة كبعض المعادن.

ويعتقد أن البيروكسيدات Peroxides تتكون كمركبات وسيطة لعملية التأكسد.

وعند أكسدة الدهون ينتج الدهيدات، كيتونات، بيروكسيدات، وأحماض دهنية حرة قصيرة السلسلة وبتأكسد المواد ادهنية يلاحظ الآتي:

تكوين زيوت جافة Drying Olis: عند تعرض بعض أنواع الزيوت للهواء الجوي يتكون عليها طبقات رقيقة تجف، مثل ما يحدث لزيت الكتان الذي يستخدم في طلاء الجدران فعند تعرض الطلاء على الجدران بكميات خفيفة يجف من الهواء.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

6) التزنخ Rancidity:

يعرف تزنخ الدهون بأنه عبارة عن ظهور طعم ورائحة غير مقبولين ناتجين عن تعرض الدهون أو الزيوت إلى الهواء والرطوبة والضوء والحرارة.

والتزنخ أنواع:

أ- تزنخ ناتج عن التحلل المائي Hydrolytic Rancidity

الدهون أحماض ← (في وجود الماء والحرارة / وبتأثير أنزيم اللايبيز) ← دهنية حرة قصيرة السلسلة متطاير ذات رائحة كريهة

ب- تزنخ ناتج عن الأكسدة Oxidative Rancidity

الدهون ← (الأوكسجين / والرطوبة والحرارة) ← البيروكسيد (Peroxide) رائحة كريهة ← أحماض دهنية حرة، الدهيد، كيتون

إن الألدهيدات والكيتونات الناتجة ذات طبيعة سامة وخاصة إذا وجدت بتراكيز مرتفعة.

ويمكن أن تقاس حموضة الدهون أو رقم الحامض Acid Number، ويعرف رقم الحموضة بأنه عدد ملليجرامات البوتاسيوم أو هيدروكسيد البوتاسيوم KOH اللازمة لتعادل الأحماض الدهنية الحرة الموجودة في واحد غرام من الدهون أو الزيوت.

وتنص المواصفات والمقاييس المحلية والعالمية بأن لا تزيد نسبة الحامض في المواد الدهنية على 1.5٪ مقدرة كحامض أوليك لأن زيادة رقم الحامض عن ذلك يدل على وجود أو بداية تزنخ الدهون.

إذ يحدث التزنخ بفعل تحلل أو تأكسد الزيوت أو الدهون وبذلك تتغير النكهة والرائحة بشكل غير مرغوب به، وللتزنخ نوعين رئيسين هما التزنخ التأكسدي Oxidative rancidity أو يسمى أيضاً التلف التأكسدي Oxidative Deterioration حيث تحدث الأكسدة الذاتية عن طريق تفاعل الأوكسجين مع الزيوت أو الدهون والنوع الثاني هو التزنخ التحللي أو المائي ولتأخير حدوث أو لمنع حدوث فساد

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

للزيوت أو الدهون يجب العمل أولاً على شراء المواد الأولية الداخلة في تصنيع الزيوت والدهون ومن مصادر موثوقة وبمواصفات قياسية مطابقة، كذلك يمكن هدرجة الزيوت للمحافظة عليها ولإطالة عمرها التخزيني، وكذلك تضاف لها مضادات الأكسدة الطبيعية أو الصناعية. كما يجب حمايتها من التماس مع الهواء وإبعادها عن الضوء والحرارة والرطوبة.

الستيرويدات Steroids

وهي عبارة عن كحولات لها أوزان جزيئية عالية توجد في القسم غير المتصبن من الدهون وترتبط مع الدهون، وهي لا تذوب في الماء، سريعة الذوبان بالدهون والمذيبات العضوية، قليلة الذوبان بالكحول البارد، فهي تعتبر أحد المكونات للمواد الغير المتصبنة.

تصنف الستيرولات حسب مصدرها كما يلي:

أ) النباتية وتسمى فايتوستيرول (Phytosterol).

ب)الحيوانية وتسمى زوستيرول (Zoosterol).

ج) ذات المصادر المختلفة (النباتات غير المتطورة) كالفطر وتسمى مايكوستيرول (Mycosterol).

هي تحتوي ستيرولات كالكولسترول والاركولسترول وهي مواد تستخدم لإنتاج فيتامين د في الجسم، ولتكوين أملاح الصفراء ولإفراز هرمونات الغدة الكظرية (فوق الكلوية) فالكولستيرول يعمل حاملاً للمركب 7-dehydrocholesterol وله فعالية فيتامين د.

أهم أنواع الاستيرويدات هي:

أ) الاستيرولات Sterols.

ب) هرمونات القشرة Cortical Hormons.

ج) أحماض الصفراء Bile Acids.

د) هرمونات الجنس Sex Hormones.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ه) الجليكوسيدات القلبية Cardiac Glycosides.

ويوجد الكوليسترول في قشرة الأدرينال Adrenal Cortex وأنسجة المخ والأعصاب وصفار البيض، وفي الدم يوجد الكولسترول بشكل حر أو بصورة استيرية ويمتاز الكولسترول بأنه:

1- عديم اللون ويذوب في المذيبات العضوية، ويمكن أن يضاف لجزئي الكولسترول ذرتي هالوجين من خلال الرابطة الزوجية، ويمكن أيضاً أن يكون استرات مع الأحماض الدهنية.

2- عند اختزال الرابطة الزوجية بالكوليسترول يتكون داي هيدروكلسيترول Dihydro Cholesterol أو كوبروستيرول Coprosterol الذي يظهر في البراز وينتج بفعل بكتريا الأمعاء الغليظة.

3- عند تأكسد الكوليسترول ينتج 7-ديهيدروكوليسرول والذي يصنع منه الجسم فيتامين (D_3) الصيغة الفعالة لفيتامين D.

4- الاختبارات اللونية للكولسترول.

مثال:

اختبار ليبرمان – برتشارد Liberman α Burchard Test

ظهور لون أخضر مزرق ← H_2SO_4 + Acetic Anhydride + Choesterol in Chlorform

حامض الكبريتيك — أنهيدريد الخليك — كولسترول في الكلورفورم

مثال:

اختبار سالكوسكي Salkowski Test

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Choesterol
in + H_2SO_4 → لون أحمر
Chlorform

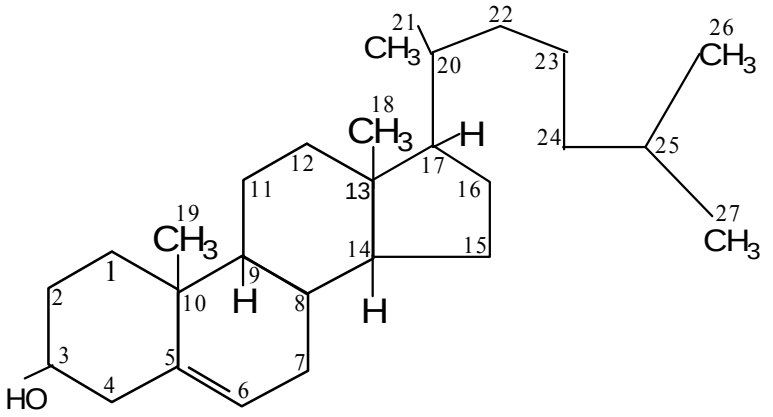
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الكوليسترول Cholesterol

هو ستيرويد يوجد في الدهون الحيوانية فقط مثل اللحوم والأعضاء الداخلية والبيض. وهو يدخل في تركيب العديد من الهرمونات والفيتامينات وفي تركيب الأغشية الخلوية. والكولسترول هو من الليبيدات المشتقة.

ويصنع الكولسترول في الكبد، والجلد، والخصية، والمادة الأولية لتصنيعه هو حامض الخليك.

الكولسترول $C_{27}H_{45}OH$ هو استر لكحول



شكل رقم (3-2) الكولسترول Cholesterol

وكما نلاحظ فإن الكوليسترول يحتوي على 27 ذرة كربون وعلى ذرة كربون رقم 3 يوجد مجموعة (OH-) ولهذا فهو يعتبر كحول. كذلك بين ذرة كربون رقم (5)، (6) يوجد رابطة ثنائية، وأيضاً سلسلة جانبية مكونة من 8 ذرات كربون متصلة مع ذرة كربون رقم (17).

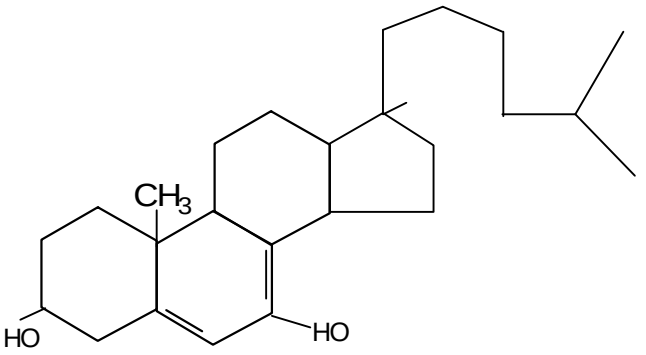
أهمية الكوليسترول للإنسان

1- يدخل في بناء الأغشية الخلوية ويدخل في تكوين هرمونات مثل هرمونات القشرة Adrenal Cortex مثل الدسترون Aldosterone وهو ينظم ميزان الماء والملح وتستوسترون Testosterone هرمون ذكري فتامين D_3.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$\text{Cholesterol} \rightarrow \text{7 - dehydro cholesterol} \xrightarrow{\text{أشعة UV}} \text{فيتامين D3}$$

كولسترول　　7- ديهيدروكولسيترول　　الشمس تحت الجلد



شكل رقم (3-3) فيتامين D3

2- إنتاج أحماض الصفراء مثل حامض الكوليك Cholic acid الذي يساهم في تكوين أملاح الصفراء الهامة لعمليات هضم وامتصاص المواد الدهنية في الجسم، فهي تنشط أنزيم الليبيز ويوجد بالمرارة والأمعاء.

مضادات (مانعات)الأكسدة Antioxidants

إن مضادات الأكسدة هي مواد تعمل على تأخير عمليات الفساد الغذائي (التزنخ)، وعمليات فساد اللذة والنكهة والطعم، وتقلل أيضاً من سرعة أو توقف عمليات تأكسد الأطعمة. ولكن مضادات الأكسدة لا تستطيع وقف التغيرات الناتجة عن التحلل المائي أو التغيرات الناتجة عن الأنزيمات، وفي صناعة الزيوت والدهون تضاف كمية مناسبة من مضادات الأكسدة لمنع أكسدتها وبالتالي حفظها من الفساد.

إن استعمال مضادات الأكسدة في صناعة الأطعمة وحفظها ليست جديدة، فقبل 400 سنة كانت تلف اللحوم بورق بعض النباتات لمنع فسادها وحفظها، وفي سنة 1763 أضيفت البهارات لحفظ الأسماك، وفي أحد التجارب أضيف الزنجبيل

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

للحوم لحفظها، ولحفظ الأسماك، وفي أحد التجارب أضيف الزنجبيل للحوم لحفظها، وبعد ذلك طبخت اللحوم لمدة 2 ساعة وعند إجراء الفحص وجد أن ثلثي الزنجبيل بقي دون أن يتلف.

إن تركيب مضادات الأكسدة بشكل عام متشابهة، وتتألف من حلقة بنزين غير مشبعة مرتبطة بمجموعة من الهيدروكسيل أو الفينول أو مجموعة من الأمين أو أكثر ومضادات الأكسدة قد تكون طبيعية مثل فيتامين هـ، ج، والكاروتين، أو صناعية مثل BHA، (بتولات هيدروسكي سانيول)، BHA (بتولات هيدروكسيل تولين)، TBHQ (ثلاثي بتولات هيدروكينون)، NDGA (نور هيدروجوارونيك)، PG (بروبيل جالات).

وفي الصناعات الغذائية فإن مضادات الأكسدة الصناعية والتي تحتوي على فينول أكثر استعمالاً، لأن مضادات الأكسدة التي تحتوي على مجموعة الأمين لها تأثير سيء على لون المنتج، كما أنها قد تكون سامة لذلك فإن استعمالها بالأطعمة معدوم، وعند استعمال مضادات الأكسدة المحتوية على مجموعة NH_2 فإن مجموعة الأمين هذه تتفاعل مع مجموعة OH في السكريات الأحادية مكونة لون بني غير مرغوب فيه. ولعل أكثر مضادات الأكسدة الصناعية استخداماً هي BHA، BHT، TBHQ، NDGA، PG.

غالباً ما يعمل خليط من مضادات الأكسدة، مع مواد تسمى SYNERGISTS وهي مركبات تقوم أثناء غياب مضادات الأكسدة بالتأثير على عملية أكسدة الدهون بشكل ضعيف جداً، كما أنها تساعد أيضاً في إطالة مفعول مضادات الأكسدة، وهذه المركبات هي مركبات عضوية أو غير عضوية تحتوي على مجموعات OH أو COOH أو كليهما بالإضافة إلى احتوائها على جذور أخرى بحيث يمكن إحلال الكبريت أو النيتروجين في موقع الأوكسجين ومن الأمثلة عليها حامض الفوسفوريك والكبريتيك

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

أو الأحماض الأمينية وبذلك يصبح فعل مضادات الأكسدة مضاعفة والحقيقة أن استخدام مضادات الأكسدة الطبيعية له فعلين الأول مضاد للأكسدة والثاني تلبية احتياجات الجسم من هذه المغذيات كفيتامين هـ، ج، والكاروتين.

ويعتبر فيتامين هـ (تكوفيرول) مادة طبيعية مضادة للأكسدة يعطي الكترون وبذلك فهو يعمل على تفتيت الرديكالات (RADICALS) الحرة سواء أكانت رديكالات حرة أحادية أو ثنائية، وعندما ينفذ الفا-توكوفيرول يبدأ جاما توكوفيرول في مقاومة الأكسدة وعند نفاذ بيتا يبدأ دلتا، أي أن ترتيب مقاومة نظائر فيتامين هـ في مقاومتها للأكسدة ألفا، جاما، بيتا، دلتا. وفي أحد التجارب وجد أن الفقد في فيتامين هـ هو للتسخين في أفران الميكروويف ألفا، جاما، بيتا، دلتا إن إضافة كميات كبيرة من ألفا توكوفيرول إلى الزيوت لمنع فسادها قد يكون له أثر عكسي. وفي عمليات الطهو وجد أن الفقد في فيتامين هـ يصل إلى 33-44٪، وفي أحد التجارب تم تخزين البيض المجفف على درجة حرارة الغرفة وبعد 18 شهر وجد أن الفقد في فيتامين هـ يتناسب مع درجة حرارة الغرفة وبعد 18 شهر وجد أن الفقد في فيتامين هـ يتناسب مع مقداره، بمعنى أن الفيتامينات التي كانت تحتوي على كمية أكبر من فيتامين هـ، وكان نسب الفقد فيها أكبر وعند خبز البسكويت لمدة 6 شهور ووجد أن مقدار الفقد في فيتامين هـ حوالي 28٪.

إن للزيوت مقاومة معينة ضد الأكسدة وهذه المقاومة تعتمد على تكوينها وعلى نسب ونوع الأحماض الدهنية المكونة لها، وعلى محتواها من فيتامين هـ وعلى محتواها من بقية المواد الأخرى. وأن آلية عمل مضادات الأكسدة والتكوفيرول أحدها، يمكن أن يكون كالشكل الآتي: يعطي التكوفيرول الكترون لمعادلة الريدكال الحر وبهذا يصبح التكوفيرول نفسه رديكال بهذه الطريقة يوقف سلسلة تفاعل الأكسدة، ومن ثم

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

قد يصبح رديكال ثنائي أو ثلاثي أو كيتون وتتشكل مركبات كثيرة ليست معروفة بشكل كامل. ولعل أهم مواصفات مضاد الأكسدة الجيد هي:

أن يكون فعال وبتركيز قليل، يسهل مزجه في الأطعمة، غير سام، ليس له تأثير سيء على الطعم واللون، موجود ومتوفر في السوق، رخيص الثمن.

إن الزيوت والدهون مواد هامة للتغذية البشرية وللتصنيع الغذائي، ولمنع فساد الدهون أو على الأقل للتقليل من سرعة فسادها يجري ما يلي: هدرجة الزيوت النباتية غير المشبعة، إضافة مانعات للأكسدة، تغليف المواد الدهنية ومنتجاتها وتحت التفريغ ومنع تلوثها بالمواد المنشطة (CATALISTS)، ووقايتها من أشعة الشمس، وتخزينها في درجات حرارة غير مرتفعة ومنع ملامستها للماء.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4

الوحدة الرابعة

الألوان في الأغذية

Colors in Foods

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الوحدة الرابعة
الألوان في الأغذية
Colors in foods

مقدمة

يعتبر اللون من العوامل المهمة جداً في درجة تقبل المواد الغذائية من قبل المستهلكين، ويستعمل اللون كقياس لتركيز قسم من المواد الغذائية كالقهوة والشاي وكدليل على درجة النضج كما في الموز واللحم المطبوخ.

الألوان الطبيعية

إن اللون في الغذاء يمكن أن يكون طبيعياً كاللون الأصفر في الحمضيات والأحمر في التفاح، أو ناتجاً عن العمليات التصنيعية مثل اللون الرمادي في الأغذية المحمصة كالقهوة، ويكون أحياناً ناتجاً عن إضافة مواد ملونة طبيعية إلى الأغذية خلال التصنيع مثل الكاروتين الذي يضاف إلى الزبد والجبن، أو اللون الناتج عن إضافة الصبغات الملونة الصناعية كما في حالة الحلوة الجيلاتينية المختلفة.

يمكن تقسيم الألوان الطبيعية والصناعية إلى أربعة مجموعات:

1- **مركبات البايرول الرباعية Tetra Pyrrol**: مثل الكلوروفيلات وهي الصبغة الرئيسية في الأوراق والخضروات، والهيم Hemes في اللحوم والأسماك.

2- **مشتقات الأيزوبرينويد Isoprenoid:** مثل الكاروتينويدات المنتشرة في منتجات الخضروات والحيوانات.

3- **مشتقات البنزوبايران: Benzopran** مثل الأنتوسيانينات والفلافونويدات المنتشرة في الفواكه وجذور الخضروات.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4- **الألوان المصبغة:** مثل الكاراميل Caramel.

الكاروتينات "كاروتينويدات حلقية"

عبارة عن مركبات هيدروكربونية تتكون من 40 ذرة كربون، وقد تم استخلاص ثلاثة أنواع من الكاروتينات من الأغذية هي:

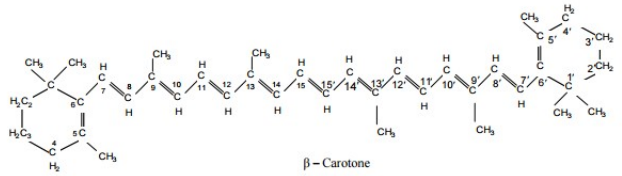
- الفا كاروتين ويمثل 15٪ α-Caotene
- بيتا كاروتين ويمثل 84٪ β-Carotene
- جاما كاروتين ويمثل 0.1٪ ɣCarotene

يعتبر البيتا كاروتين من الكاروتينات الشائعة ويتألف جزيئه من سلسلة وسطيه من ذرات الكربون يرتبط من الجانبين بحلقة ذات ست ذرات كربون "شكل 4-1" جزئية الكاروتين متماثلة أي أن بعض الجزئية يشبه النصف الآخر، تتكون جزئية البيتا كاروتين من جزيئتين من فيتامين أ عديم اللون، بينما الفا وجاما كاروتين تعطي جزئية واحدة من فيتامين أ، والأنواع الثلاثة المذكورة تعطي اللون الأصفر.

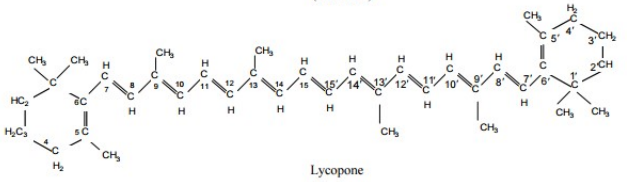
يختلف الألفا عن البيتا كاروتين وهو أن الرابطة المزدوجة في إحدى الحلقات تتحول بحيث تصبح بين الكاروتين 4 و 5 بدل 5 و 6 كما في الشكل المرفق وهناك مركب آخر من الكاروتين هو:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شكل تريب الكاروتين



β – Carotone
(all – trans)



Lycopone
(all – trans)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

اللايكوبين: Lycopene وهو عبارة عن الصبغة الحمراء الموجودة في ثمار البندورة.

وجزيئته تختلف عن جزئيتي الألفا والبيتا-كاروتين في أن الحلقتين الموجودتين في طرفي السلسلة تكونان مفتوحتين، إضافة إلى الجزيئة المذكورة تحتوي على ضعف الروابط المزدوجة كما في الكاروتين ألفا وبيتا.

إن الكاروتينات ذات لون برتقالي-أحمر ولكنها عند التخفيف يتحول لونها إلى الأصفر.

وفي الكاروتينات تعتبر الروابط المزدوجة هي المسؤولة عن تفاوت اللون بسبب مقدرة تلك الروابط على التأرجح لذا فإن اللون الأحمر البرتقالي للبيتا- كاروتين ناتج عن العدد الكبير من الروابط المزدوجة المتبادلة. أي أن كل رابطة مزدوجة تعقبها رابطة مفردة، يكون الجزء الوسطي من جزيئة البيتا-كاروتين من نوع متقابل Trans وهذا ما يجعله بشكل مستقيم. يؤدي تسخين الكاروتينات بوجود الحامض إلى حدوث ظاهرة الأيزوميرزم Isomerization وينتج عن ذلك التأرجح في الجزيئة مما يسبب تحول اللون في البيتا كاروتين من الأحمر البرتقالي إلى الأصفر البرتقالي الشاحب في الشكل Cis.

- **ثبات الكاروتينات:**

تعتبر الكاروتينات حساسة للأكسدة وذلك لأنها غير مشبعة لدرجة كبيرة، أما في النباتات فإن جدار الخلايا هو الذي يقيسها من عملية الأكسدة. لكنها أثناء عملية التصنيع تفقد الجزء الكبير من لونها تبقى الكاروتينات ثابتة عندما تتعرض للأشعة في حالة عدم وجود الهواء ولكنها تتغير إذا تعرضت للإثنين معاً.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- **تأثير التعليب:**

لقد تبين لأحد الباحثين عام 1940 أن تعليب المواد الغذائية ثم تخزنها بدرجات الحرارة العادية لا يؤثر جوهرياً على مجموع كمية الكاروتين الموجود في تلك المواد، وفي تجارب أخرى وجد أن هناك زيادة في فيتامين A بعد تعليب الخضروات كالفاصوليا الخضراء والخس المجفف والسبانخ المجمدة، وقد وجد أن عصير البندورة المعلب يحافظ على 95٪ من كمية الكاروتين الأصلية لمدة سنتين من التخزين عند درجات حرارة بين 10-26.5°م، في حين أن الخوخ يفقد 50٪ من مجموع الكاروتين الموجود به أثناء التعليب.

كما لوحظ حدوث ظاهرة الأيزوميرزم في عصير البرتقال والتي قد يكون سببها انخفاض درجة الحموضة.

ودلت دراسات أخرى على أن كمية الكاروتين تتأثر بالأشعة قليلاً عندما تتعرض العلب الزجاجية المعبأة بالسبانخ والجزر وعصير الطماطم إلى تلك الأشعة باستمرار.

- **تأثير السلق الخفيف والتجميد:**

يؤثر السلق قليلاً على كمية الكاروتين في الفاصوليا والبازيلاء وكذلك فإن عمليتا السلق ثم التجميد له نفس التأثير البسيط على الكاروتينات في الفاصوليا، لكن كمية الكاروتين في الذرة المجمدة تتأثر خلال خزنها لمدة ست شهور وبدرجة -18°م. كذلك فإن القرنبيط المجمد لا يفقد من كمية الكاروتين بعد تخزينه لمدة (61) أسبوعاً بنفس الدرجة المذكورة (-18°م).

- **تأثير التجفيف:**

أكدت التجارب التي قام بها بعض الباحثين بأن مسحوق الجزر يفقد 21٪ من كمية الكاروتين بعد تخزينه معرضاً للهواء وبدرجة 40°م، لكن نسبة الفقد تصبح صفراً ٪ إذا تم تخزينه في علب مفرغة من الهواء. كذلك فإن البطاطا الحلوة المجففة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تجارياً تفقد 10٪ من مجموع الكاروتين خلال تخزينها فترة 18 أسبوع بدرجة حرارة بين 40-50°م.

أما اللايكوبين الموجود في البندورة فإن 33٪ منه يتحلل بعد تسخينه لمدة 3ساعات وبين 100°م في ضوء النهار وبوجود الأكسجين، ويمكن التقليل من الكمية المتحللة باستخدام معاملات ذات درجات حرارية عالية مع وقت قصير.

- **تأثير التخزين على الأغذية غير المصنعة:**

يسبب تخزين الخضروات الورقية بدرجات حرارة تتراوح من صفر -10°م. حيث وجد أن تخزين القرنبيط وعدد آخر من الخضروات الورقية بدرجة حرارة (صفر مئوي) يسبب فقدان 0-13٪ من كمية الكاروتين وبنسبة 17-41٪ عند تخزينها بدرجة حرارة 10°م .

- **تأثير أشعة جاما:**

وجد أن بيتا- كاروتين واللايكوبين في حالتها الصلبة ثابتتين. لكن محاليل هاتين الصبغتين في كل من ايثر البترول وسيترات وأوليت ولينوليت الميثل Petrolcum ether, methyl stearate, methyl oleate and methyl linoleate تكون غير ثاتة تحت تأثير الأشعة (جاما). وتختلف درجة الثبات من محلول إلى آخر.

وقد وجد أن زيادة كمية الأشعة (جاما) يمنع تخليق اللايكوبين في البندورة.

- **تأثير الطبخ المنزلي:**

للطبخ المنزلي تأثير طفيف جداً على كمية الكاروتينات في الخضروات حيث وجد أن التأثير يكون معدوماً على المواد الملونة في الجزر والفاصوليا والبازيلاء، كما أن طبخ الجزر سواء كان في الماء المقطر أو الملح أو ماء الحنفية وفي الضغط المرتفع ليس له تأثير على كمية الكاروتين المفقودة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الكلوروفيل (Chlorophyll)

هو مصدر اللون الأخضر في الخضروات وأوراق النباتات، إضافة إلى أنه يلعب دور أساسي كعامل مساعد في عملية التركيب الضوئي لإنتاج الكربوهيدرات من ثاني أكسيد الكربون والماء كما في التفاعل التالي:

$$nCO_2 + nH_2O \rightarrow (CH_2O)n+O_2$$

ويعتبر هذا التفاعل البسيط المصدر الأساسي لكافة المكونات في النباتات والحيوانات، إن اللون الأخضر في أوراق النباتات يختفي أثناء نموها وقبل فترة تساقطها. في حين أن الفواكه في بدء تكوينها تكون ذات لون أخضر يختفي تدريجياً نتيجة لظهور اللون الأصفر أو الأحمر.

- **تركيب الكلوروفيل:**

يتركب جزيء الكلوروفيل من أربع مجموعات Pyrrole تتألف حلقاته الخماسية من أربع ذرات كربون وذرة نيتروجين، تتحد مجموعات البايرول الأربعة مع بعضها وتكون حلقة بورفيرين Porphyrin كما في المايوجلوبين Myoglobin، ويحتوي الكلوروفيل على ذرة المغنيسيوم Mg بدلاً من ذرة الحديد المتواجدة في المايجلوبين.

يرتبط فايتيل الكحول Phytyl alcohol بالموقع رقم (7) مع حامض البروبيونيك بواسطة رابطة استرية ويرتبط بالموقع رقم (6) كحول ميثيلي،

يتألف جزء فايتيل الكحول من (20) ذرة كربون وهذا الجزء من الكورفيل هو الذي يمنحه خاصية الذوبان في الدهون والمذيبات الدهنية.

هناك شكلان للكلوروفيل هما (a) و (b) الأول أزرق مخضر والثاني أصفر مخضر شاحب. وهما يوجدان في النباتات بنسبة 3: 1. أما الفرق بين الاثنين فهو وجود مجموعة الدهيد CHO– في الموقع (3) بدلاً من جذر الميثل CH_3 في كلوروفيل (b).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

يمكن إزاحة ذرة المغنيسيوم الموجودة في جزئية الكلورفيل بسهولة وذلك بتسخينه بوجود الأحماض العضوية. وعندئذ تحل محلها ذرة هيدروجين ويكون المركب الناتج أخضر رمادياً شاحباً ويعرف باسم فيوفايتين Pheophytin (a) أو أخضر زيتونياً ويسمى Pheophytin b ويمكن إزالة مجموعة فايتيل الكحول Phytyl alcohol بواسطة أنزيم الكلورفيلاز Chlorophyllase الموجود في عدد من الخضروات.

أما تحلل الكلوروفيل عن طريق الرابطة الاسترية فيؤدي إلى تكوين مركب يدعى الكلوروفيلايد الذي يذوب في الماء. وهناك كميات محددة من هذا المركب تتكون أثناء عملية تخزين الخضروات أثناء عملية تخزين الخضروات والطبخ وهو مصدر اللون الأخضر الناصع في ماء الطبخ. وفي ظل ظروف معينة أثناء عمليات التصنيع فإنه يمكن إزالة جزء الفايتيل وذرة المغنيسيوم من جزيئة الكلوروفيل مما يسبب تكون مركب يسمى فيوفوربيد Pheophorbide وهو مشابه إلى مركب الـ Pheophytin في اللون.

- **تأثر الكلوروفيل بالتصنيع الغذائي:**

عندما تتعرض الخضروات إلى الماء المغلي لأول مرة فإن لونها يصبح أكثر لماعاً. ويعتقد أن مصدر الشفافية هو الهواء المتواجد بين الخلايا ولكن استمرار عملية الطبخ يؤدي إلى انتشار المكونات بما فيها الأحماض العضوية في ماء الطبخ مما يسبب تفاعلها مع الكلوروفيل وتكون مركباته الثانوية مثل الفايوفايتين Pheophytin ويتكون لون زيتوني مخضر ومتفاوت نتيجة لظهور الصبغات الصفراء والبرتقالية الموجودة في خلايا النباتات والتي ترتبط مع الفيوفايتين. تحتفظ الخضروات ذات الحموضة المنخفضة على تركيز عال من الكلوروفيل وبالتالي تحافظ على لونها أثناء الطبخ أكثر من الخضروات المرتفعة الحموضة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تعتبر مشكلة تقليل تأثير الأحماض العضوية الموجودة في نسيج النباتات بين جزئيات الكلوروفيل من الأمور المهمة أثناء الطبخ. ويتم ذلك بطبخ الخضروات في البداية بأوان مفتوحة بغرض التخلص من الأحماض العضوية الطيارة.

مع استعمال كميات كبيرة من الماء لغرض تقليل تركيز الأحماض غير الطيارة المتبقية. ينبغي أن توضع الخضروات في الماء المغلي مباشرة مع ترك الأواني مفتوحة، لأن أغلب الأحماض الطيارة تزول خلال الدقائق الأولى لملامسة الخضروات للماء المغلي. وهذا يساهم في المحافظة على اللون الأخضر وأن زيادة مدة الطبخ تساهم في تحطيم الكلوروفيل فمثلاً القرنبيط يحافظ على 82.5٪ من الكلوروفيل بعد طبخه لمدة خمس دقائق وتنخفض هذه النسبة إلى 313٪ إذا أصبحت مدة الطبخ عشرين دقيقة. وفي نهاية الدقائق الخمس الأولى من الطبخ فإن نسبة الكلوروفيل (a) المتبقي تكون 78.7٪ في حين أن نسبة الكلوروفيل (b) هي 90.3٪ ولكن بعد عشرين دقيقة من الطبخ فإن النسبة تصبح 18.4٪ و 57.6٪ بالنسبة للكلوروفيل a، b بالتتابع وهذا يوضح أن الأول أكثر استعداداً من الثاني للتحول إلى مركب الفيوفايتين Pheophytin. ويجب أن تطبخ الخضروات لفترات قصيرة للمحافظة على لونها حتى وإن طبخت في قليل من الماء وفي أواني مغلقة. ولقد وجد أن القرنبيط يحافظ على لونه بشكل جيد على الرغم من طبخه مدة أطول من خمس دقائق.

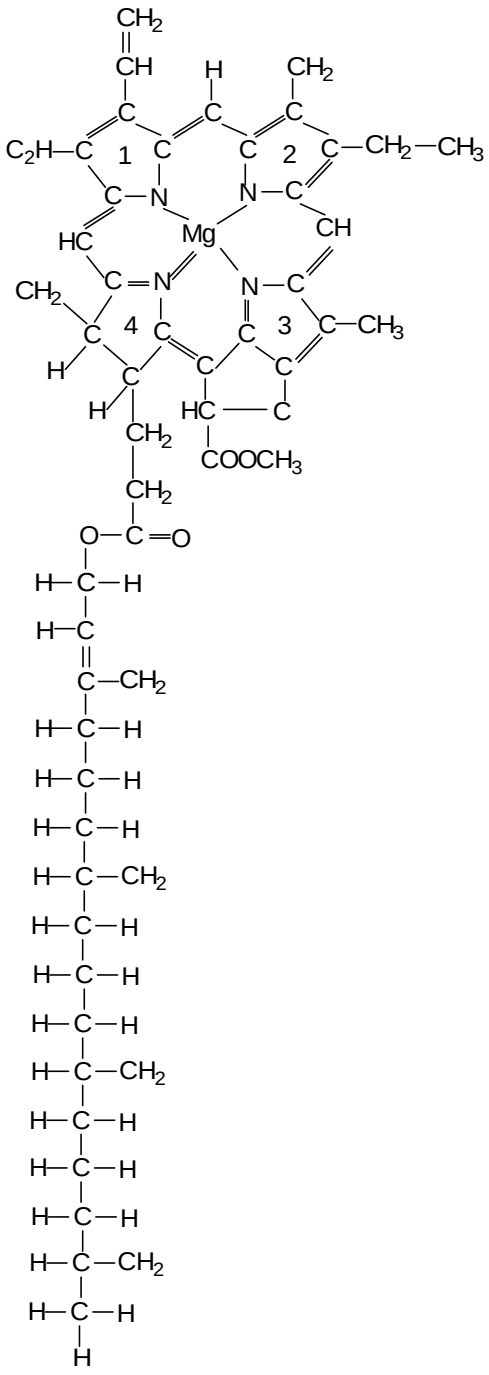
تعتبر عملية قصر اللون بالحرارة (السلق) Blanching من أفضل الطرق للمحافظة على لون الخضروات المجمدة حيث أن أجزاء هذه المعاملة قبل التجميد يؤدي إلى التخلص من أغلب الأحماض الموجودة في النباتات.

تضاف أملاح بيكربرونات الصوديوم أثناء طبخ الخضروات لا لغرض معادلة الأحماض الموجودة في ماء الطبخ ولكن للتفاعل مع الكلوروفيل حيث تحل محل مجموعة الفاينيل والميثل وتكون مركب الكلوروفيلين Chlorophylin وهو مركب ذو لون أخضر براق ذائب في الماء.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

إن أملاح صوديوم الكلوروفيلين تعطي الخضروات خضرة غامقة غير طبيعية ولكن الخضروات التي تطبخ مع بيكربونات الصوديوم تكون ذات قوام لين بسبب قابلية تلك المادة لتحطيم الهيمي سليلوز Hemicellulose الموجود في جدار الخلايا.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



الشكل (4-2) الكلوروفيل a

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

التلون البني (الإسمرار) Browning reaction

تقسم تفاعلات الإسمرار إلى نوعين:

أولاً: تفاعلات الإسمرار الأنزيمية.

ثانياً: تفاعلات الإسمرار غير الأنزيمية.

1- تفاعلات الإسمرار الأنزيمية

يحدث هذا النوع من الإسمرار الأنزيمي على سطح بعض ثمار الفاكهة والخضروات كالتفاح عند حدوث خدش أو تلف للقشرة الخارجية مما يؤدي إلى تكون بقع بنية.

تتعرض المركبات الفينولية الموجودة في تلك الثمار للأكسدة (بوجود أوكسجين الهواء الجوي) نتيجة لنشاط أنزيمات البولي فينول أوكسيديز Polyoxidase phenol حيث تتحول إلى مركبات تسمى كوينونات Quninones والتي تتكاثف مع بعضها لتكوين صبغة بنية اللون تسمى الميلانين Melanin.

$$\text{Phenol} \xrightarrow[O_2]{\text{Phonol Oxidase}} \text{aninones} \xrightarrow{\text{Polymentin}} \text{Melanin}$$

تشمل الأنزيمات التي تسبب هذا النوع من التفاعلات ما يلي:

1- Phenol Oxidase
2- Poly phenol Oxidase
3- Phenolase
4- Polyphenolase

يمكن تثبيط هذا التلون بعدة طرق منها:

1. خفض رقم الحموضة "إضافة الاحماض"
2. إضافة ثاني أكسيد الكبريت So2.
3. السلق المبدئي.
4. إضافة فيتامين جـ.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5. التعبئة تحت تفريغ.

2- تفاعلات الإسمرار غير الأنزيمية Non-enzymatic Browning Rxns

"التلون البني غير الأنزيمي" وتشمل هذه التفاعلات ما يلي:

أ- تفاعلات ميلارد: Maillard Reactions

وهو التفاعل الذي يحدث بين الأحماض الأمينية "الشق الأميني" والسكريات المختزلة "الشق الألدهيدي".

$$R\text{-}NH_2+R\text{-}CHO \rightarrow R\text{-}CH=N\text{-}R+H_2O$$

يحدث هذا التفاعل بدرجة حرارة الغرفة كما يمكن أن يحدث في درجات الحرارة المرتفعة.

وهذا التلون إما أن يكون مفيد "مناسب" كما في حالة الخبز، أو ضار كما يحصل في صناعة التجفيف والتجميد، ومنتجات الألبان.

ويدخل هذا التفاعل في سلسلة من الخطوات هي:

1. إنتاج مشتقات الجليكوزايل أمين النيتروجينية N-substituted glycosylamine وذلك نتيجة تفاعل المجموعة الأمينية في الأحماض الأمينية مع المجموعات الألدهيدية أو الكيتونية المختزلة للسكريات.
2. يحدث إعادة ترتيب الجليكوزايل امين وذلك لإنتاج كيتوز أمين Ketoscanine أو الدوز امين Aldose amine.
3. يحدث إعادة ترتيب لمركب الكيتوزامين مع جزيء ثاني من الألدوز للمرة الثانية لتكوين أمين ثنائي الكيتوز Ditetoseanine.
4. يتحلل الكيتوز أمين ويتحول إما إلى مركب في صورة اينول (1,2 enol formic.1) أو في صورة ايثول 3,2 (2,3 enol form).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فإذا سلكت عمليات التحلل الطريق الأول يتسبب عن ذلك تكون اللون البني بينما إذا سلكت الطريق الثاني فيؤدي ذلك إلى تكوين المركبات الخاصة بظهور النكهة.

ويعتقد أن الطريق الأول للتحلل "العودة الأينولية 2,1" هو الطريق الرئيسي للتلون البني.

5. تكوين المركبات المسؤولة عن ظهور النكهة من خلال تكون مركب الهيدروكسي ميثل فورفور الـ Hydroxy Methyl furfnral (HMF).
6. تحدث عمليات بلمرة للمركبات السابقة ويحدث لها تكاثف لتكوين مركب الميلانويدين Melanoidin البني اللون.

ويستفاد من هذه الظاهرة في عمليات تصنيع الأغذية فمثلاً:

لإنتاج سمك مصنع بلون أحمر يتم غسل السمك بمحلول سكري "جلوكوز" أو أية مادة مختزلة، وهذا خاص بالأسماك البيضاء.

ويؤدي تفاعل ميلارد إلى خسارة نسبة غير قليلة من الأحماض الأمينية وخاصة اللايسين (p.p.2) والتريونين.

العوامل التي تؤثر على تفاعل ميلارد:

1- درجة الحرارة:

يزداد معدل التلون البني بزيادة درجة الحرارة، يزداد معدل التلون البني بمقدار 2-3 مرات لكل ارتفاع في درجات الحرارة مقداره 10°م، وتقدر الزيادة في معدل التلون من 5-15مرة/ 10°م زيادة إذا كانت الأغذية محتوية على سكر الفركتوز، كما تؤثر درجة الحرارة على تركيب الصبغات المتكونة فتزداد كثافة اللون المتكون بزيادة درجة الحرارة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2- درجة الحموضة: (PH)

لقد وجد أن تفاعل اللون البني "ميلارد" يخفض درجة الحموضة.

3- نسبة الرطوبة:

تزداد سرعة تفاعل ميلارد كلما قلت نسبة الرطوبة، لكن عندما تصل إلى أقل من 10٪ "الرطوبة" يبطئ التفاعل.

4- طبيعة السكر:

لقد وجد أن السكريات الأحادية الخماسية "النبتوزان" أكثر نشاطاً من السكريات الأحادية السداسية "الهكوزات".

ويكون ترتيب السكريات الأحادية السداسية حسب نشاطها فيما يلي المانوز > الجالاكتوز > الجلوكوز.

5- الأكسجين: لا يتأثر تفاعل ميلارد بالأوكسجين.

6- نوع الأحماض الأمينية:

لقد وجد بأن الجلايسين هو أنشط الأحماض الأمينية، وكلما ارتفع الوزن الجزيئي للحامض الأميني أو احتوى على مجموعات أخرى قل معدل التلون البني.

وعموماً يمكن منع اللون البني أو تقليل نسبته بالخطوات التالية:

1. تبريد الأغذية.
2. استعمال ثاني أكسيد الكبريت SO_2.
3. خفض رقم الحموضة "الأقل من 3" (PH≤3).
4. خفض التركيز "أي رفع نسبة الرطوبة".
5. استعمال السكروز بدل السكريات المختزلة أو التخلص من السكريات المختزلة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ب- أكسدة حامض الأسكوربيك "فيتامين جـ"

تلعب أكسدة حامض الأسكوربيك دوراً مهماً في تكوين اللون البني للعصير المنتج من الحمضيات وخاصة الليمون والجريفوت.

حيث تحصل الأكسدة لحامض الأسكوربيك فيتكون مركب ديهايدرو اسكوربيك اسيد والذي يتحول بدوره إلى 3.2 داي كيتو جليولونيك اسيد وهذا الأخير يتحول إلى مركب الفورفورال وثاني أكسيد الكربون، حيث تؤدي مركبات الفورفورات إلى تكون المادة الغامقة التي تسبب اللون البني.

Ascorbic acid → Dehydro ascorbic acid → 2.3 Diketoghylonic acid Furfural $+CO_2 \uparrow$

العوامل المانعة لأكسدة حامض الأسكوربيك:

1. خفض درجة الحرارة: حيث وجد أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى سرعة ميكانيكية التفاعل وزيادة في إنتاج CO_2 وبالتالي تكون اللون البني.
2. رفع درجة الحموضة: (PH) حيث وجد أن عصير البرتقال على PH 3.4 أو أكثر يكون أقل تأثراً بهذا النوع من التفاعلات.

جـ- كرملة السكريات "التكرمل" Caramelization

تحدث الكرملة عند تسخين السكريات إلى درجات حرارية أكثر من درجة انصهارها فيؤدي ذلك إلى تكوين لون غامق إلى بني، وهي صبغة الكاراميل.

والمرحلة المهمة في عملية الكرملة هو تكون السكريات اللامائية (Anhydro sugars)

- يتكرمل السكروز على درجة حرارة حوالي 200°م، وعلى درجة حرارة 160°م يذوب السكروز ليكون سكريات لامائية لكل من الجلوكوز

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

والفركتوز، وعند رفع درجة الحرارة إلى 200°م تحدث سلسلة من التفاعلات تتم في 3 مراحل معتمدة على الوقت:

- فعند تسخين السكروز على 200°م لمدة 35 دقيقة ينتج عن ذلك خسارة في الوزن تقدر بـ 4.5٪ نتيجة لفقدان جزئ ماء لكل جزئ سكروز ويتكون مركب يسمى ايسوساكروسان (Isosacchrosan).
- عند تسخينه لـ 55 دقيقة إضافية يبلغ عندها مقدار النقص بالوزن 9٪ وتسمى الصبغة المتكونة كارميلان

$$2C_{12}H_{22}O_{11}\text{-}4H2O\ C_{24}M_{36}O_{18}\leftarrow(\text{Caramelan})$$

- تذوب صبغة الكارميلان بالماء والايثانول ولها طعم مر.
- وبعد التسخين لـ 55 دقيقة إضافية أخرى يبلغ مقدار النقص بالوزن 14٪ ويوازي هذا النقص فقدان 8 جزيئات ماء من كل 3 جزيئات سكروز وعندها ينتج الكارميلين (Caramelen).

$$3C_{12}H_{22}O_{11}\text{-}8H_2O\rightarrow C_{36}H_{50}O_{25}$$ (الكاراميلين)

يذوب الكارميلين في الماء فقط.

- وعند الاستمرار بالتسخين بعد ذلك تنتج صبغة غامقة اللون جداً لا تذوب بالماء ويكون تركيبها الكيماوي ($C_{125}H_{188}O_{80}$) وتسمى هيومين أو كاراميلاين (humin, caramelin) وتساعد هذه الصبغة في إعطاء النكهة الخاصة للكاراميل.

العوامل التي تساعد في حدوث الكرملة:

1. درجات الحرارة المرتفعة.
2. وجود أحماض مركزة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المايوجلوبين Myoglobin

وهي الصبغة الحمراء الموجودة في اللحوم، وتعتبر عامل هام بالنسبة لنوعية اللحوم الطازجة أو المصنعة.

ويتركب المايوجلوبين من صبغة الهيم Heme "وهو عبارة عن حلقة بورفرين Porphyrin" متصلة مع بروتين.

ومن السهل أكسدة المايوجلوبين إلى أوكسي مايوجلوبين Oxymyoglobin وهو ذو لون أحمر فاتح، بوجود عوامل مؤكسدة كيماوية تتكون مادة الميثاميوجلوبين Metamyoglubin وهي ذات لون بني، كما أن غلي المايوجلوبين يعطي هذا اللون، وعمليات التجفيف والتركيز يعطي كذلك اللون البني.

في صناعة المرتديلا يضاف النيتريت Nitrites الذي يحول المايوجلوبين إلى نيتروزوميوجلوبين Nitrosomyoglobin وهو ذو لون أحمر ثابت "لتثبيت اللون الأحمر والمحافظة عليه".

وإضافة النيتريت إلى اللحوم المصنعة مسموح به، بينما يعتبر غش في حالة إضافتها إلى اللحوم الطازجة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

HO

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5

الوحدة الخامسة

المواد المضافة

Food Additives

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الوحدة الخامسة

المواد المضافة

Food Additives

المواد الحافظة

وتستعمل لمنع فساد الأغذية الميكروبي، وتقسم إلى:

أ- مواد حافظة متطايرة:

وهي عبارة عن غازات تضاف للأغذية المعلبة. مثل الإيثلين أوكسيد، ويكون استعمالها محدد بأنواع معينة من الأغذية.

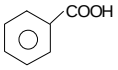
ب- مواد حافظة غير ثابتة:

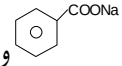
وتشمل مادة داي ايثيل بيروكبربونات وتتحلل هذه المادة بوجود الماء إلى ايثانول وثاني أكسيد الكربون ($CH_3CH_2OH+CO_2$) بعد حوالي 10-16 ساعة من إضافتها لذا ينصح بعدم تناول محتويات العبوة قبل مرور 16 ساعة من التعبئة.

هذه المادة لا زالت مستعملة في ألمانيا ومحظورة في بقية الدول الأوروبية وذلك لوجود شكوك حول إمكانية تحولها إلى مواد أخرى سامة مثل مادة اليورثيان urethane ومادة الهكسامين Hexamin "تستعمل في صناعة الأسماك".

جـ- مواد حافظة ثابتة: وتشمل:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



1- بنزوات الصوديوم: والجزء الفعال فيه هو حامض البنزويك ولأن هذا الحامض قليل الذوبان بالماء لذا يضاف على شكل أملاح ذائبة مثل بنزوات الصوديوم 

ويستعمل في عمليات حفظ العصير والشراب والمياه الغازية. "يكون على شكل بلورات".

2- ثاني أكسيد الكبريت: SO_2

ويستعمل بكثرة في بريطانيا، وهو مادة مختزلة، ويستعمل في حفظ العصير والشراب والمياه الغازية والمواد المجففة، كذلك يستعمل لحفظ فيتامين جـ من التأكسد ومنع تكون اللون البني.

3- النياسين: Niacin ويستعمل في صناعة تعليب الأغذية.

4- نترايت الصوديوم أو البوتاسيوم: Na,k-nitrites وتستعمل كمواد حافظة في صناعة اللحوم (خاصة المرتديلا).

5- أحماض أخرى مثل حامض السوربيك Sorbic acid، وحامض البنزويك benzoic acid.

وهناك قوانين تحدد نوع وكمية المادة المضافة.

المواد المضادة للأكسدة Antioxidants

تستعمل لمنع فساد الأغذية الكيماوي وخاصة التزنخ التأكسدي ويمكن تلخيص عملها بما يلي: (آلية عملها)

أ) تنافس الأحماض الدهنية غير المشبعة على الأوكسجين، اي أنها تتأكسد بسرعة أكبر منها.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ب) تثبط تكوين الجذور الحرة "المرحلة الأولى من التزنخ".

ج) ترتبط بالجذر الحر المتكون وتكوّن مركب ثابت "توقف المرحلة الثانية من التزنخ".

د) تعتبر مادة جامعة للأيونات التي تساعد على حدوث المرحلة الثالثة من التزنخ "مرحلة الإنهاء".

ه) تعمل على تثبيت مواد الهيدروبيروكسيد المنتجة.

ووجد أنها تعمل بشكل رئيسي على وقف المرحلة الثانية من التزنخ (جـ).

ومن مضادان الأكسدة المسموح بإضافتها:

أ) حامض الأسكوربيك.

ب) ألفا، بيتا، وجاما توكوفيرول "هـ".

ج) اسكوربيتول باليتات Ascorbitol palmitate.

د) بروبيل جاليت.

ه) Butylated Hydroxy Anisol BHA.

و) Tolnene BHT.

وتضاف هذه المواد بنسب قليلة، كما أن زيادة الكمية عن حدودها ليس له تأثير سلبي على الصحة.

المواد المثبتة والمستحلبة: Stabilizer and Emulsifiers

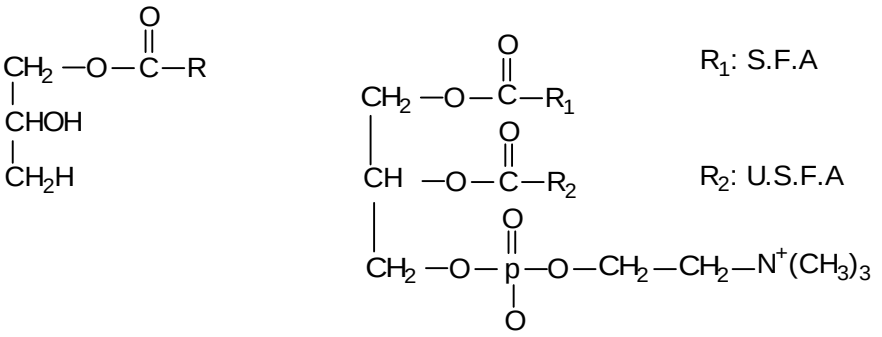
وهي مواد تعمل على مزج الدهون أو الزيوت في وسط مائي أو العكس، (مزج المحاليل المائية في الدهون أو الزيوت) وابقاء المزيج في حالة ثابتة أي عدم انفصال الدهن عن المحلول المائي.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تعمل المادة المستحلبة على تجزئة الدهون أو الزيوت والماء ووصل المادة بالأخرى.

تتكون المادة المستحلبة من جهة قطبية تتصل بالماء وجهة غير قطبية (Hdrohobic). تتصل بالدهن، مثل ملح الحامض الدهني $(CH_3\text{-}(CH2)_{10}\text{-}COONA)$

أنواع البروتينات والفوسفوليبيدات "الليسثين" قطبية متصلة مع الماء غير قطبية متصلة مع الدهن والزيوت. والجليسريدات الأحادية والثنائية.



جلسريد أحادي　　حامض الفوسفوتيريك　　كولين

وتضاف المواد المستحلبة بنسب لا تتعدى 1-2٪ حيث تخلط جيداً مع المادة.

المواد المحلية الاصطناعية: (المحليات الاصطناعية)

تستعمل هذه المواد لأغراض طبية مثل تخفيف الوزن، ولأغراض اقتصادية مثل خفض التكاليف.

مقارنة المحليات الصناعية والطبيعية:

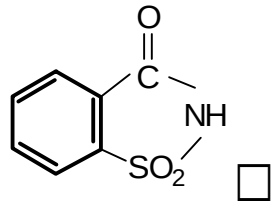
المادة	نسبة التحلية مقارنة بالسكروز
1. السكروز	1
2. الفركتوز	1.8

محليات طبيعية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3. اللاكتوز	0.16	
4. الجلوكوز	0.6	
5. السكرين	550	محليات اصطناعية
6. السيكلامات	30	

غير أن المحليات الاصطناعية تكون مرتبط بقوانين تحكم استعمالها ونسبتها، كما أن هناك بعض الشكوك في إمكانية تسببها لأمراض للإنسان، حيث أن استخدام السيكلامات أوقف بسبب ذلك، بينما أوقف استخدام السكرين في الولايات المتحدة لنفس السبب بينما في بريطانيا مسموح به.



الصيغة الكيميائية للسكرين

الإضافات المغذية: وتشمل:

أ- الفيتامينات:

فيتامين A وفيتامين D (في البلدان الباردة): وهما يضافان بنسب محددة حيث أن زيادتها لها تأثير عكسي على النمو، ويضافوا عادة إلى السمنة والحليب.

مجموعة فيتامينات B المركبة:

يضاف النيساسين إلى الطحين بنسبة 1.6 ملغرام/ 100غرام كما يضاف فيتامين ب$_2$ "الراميبوفلافين" والثيامين ب$_1$ إلى معظم الأغذية بلا حدود.

فيتامين C وفيتامين E يضافوا إلى الأغذية بدون حدود.

ب- الأملاح المعدنية:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الكالسيوم يضاف إلى معظم الأغذية خاصة في البلدان الأوروبية الباردة " طلوع الشمس" الحديد يضاف أيضاً إلى بعض الأغذية التي تعطى للأشخاص المصابين بفقر الدم.

النكهة: Flavor

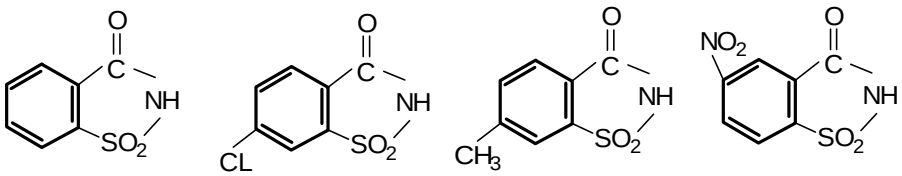
تعرف النكهة أنها الإحساس الناتج من أخذ المواد بواسطة الغير وبشكل رئيسي بواسطة حواس الطعم والشم وأجهزة الاستقبال العصبية في الفم.

التركيب الكيمياوي والطعم: يعتبر ذوبان المادة في الماء شيئاً أساسياً في الحصول على طعم لتلك المادة.

وهناك علاقة بين التركيب الكيميائي للمواد والطعم وهي أكثر وضوحاً من العلاقة بين رائحة المواد وتركيبها الكيميائي.

تعتبر الأحماض بشكل عام حامضية الطعم، والأملاح مثل كلوريد الصوديوم ذات طعم ملحي، ولكن عندما تصبح جزيئاتها كبيرة فإن طعمها يصبح مراً، ويعتبر الطعم الحلو من خواص السكريات والمواد القريبة منها مثل استيات الرصاص وأملاح البريليوم والمحليات الاصطناعية "سكارين + سيكلامات" أما الطعم المر فهو من خواص المواد القلوية مثل الكونين Qunine وبقية الأملاح الثقيلة.

إن تغيرات طفيفة في تركيب قسم من المواد الكيميائية يؤدي إلى تغير طعمها من الحلو إلى المر أو إلى عديمة الطعم. ومثال على ذلك مركب السكارين:



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مر الطعم عديم الطعم عديم الطعم حلو الطعم

تزيد حلاوة السكرين عن السكر الاعتيادي بمقدار (550 مرة)، ولكن إحلال جذر الكلور أو الميثل في الموقع بارا Para من جزيئة السكارين تخفض حلاوته إلى النصف وإحلال مجموعة النيترو في الموقع ميتا Meta لنفس الجزيئة بجعلها شديدة المرارة.

المواد المسارعة في النكهة: Flavor Enhancers

مقويات الطعم

توجد مجموعات من المواد لها القابلية على تحسين أو تقوية الطعم، ومن الأمثلة على تلك المواد Monosodium Glutamate جلوتامات الصوديوم الأحادية "البوتاسيوم، المغنيسيوم" من نوع L "حيث أن الشكل D يكون غير فعال"، "تم اكتشافها عام 1909".

وقد بقيت هذه المادة تستعمل كمحسنات للطعم لسنوات عديدة ولكن في السنوات الأخيرة تم اكتشاف مركبات أخرى لها نفس التأثير ومنها 5-nucleotidea. 5-النيوكليوتيدات، والمالتول Maltol.

مكونات الطعم وأماكنها على اللسان:

توجد بشكل عام أربعة أنواع أساسية من الطعم هي: الحلو، المر، الحامضي، والملحي.

تتمركز الحساسية للطعم في البراعم الذوقية الموجودة على اللسان، وهذه البراعم تتجمع في حليمات وتكون حساسه إلى أكثر من طعم، ولكن بشكل عام فإن لكل نوع من الطعم مكان خاص في اللسان:

- طرف اللسان: يكون أكثر حساسية للطعم الحلو.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- الجزء الخلفي: يكون أكثر حساسية للطعم المر.
- حواف اللسان: يكون أكثر حساسية للطعم الحامضي والملحي.

ويعتقد بأن مواقع الاستقبال الحسي للطعم في اللسان تتحطم نتيجة الإفراط في التذوق ولكنها تتجدد باستمرار حتى تؤدي دورها.

يقدر الوقت اللازم للإحساس بالطعم حوالي 0.25 من الدقيقة وهناك علاقة طردية بين تركيز المادة المنبهة وسرعة الاستجابة الحسية لحين الوصول إلى تركيز لا يمكن بعده زيادة السرعة في الاستجابة.

أهم النكهات في الفواكه والخضروات:

نكهة البرتقال، الليمون، الموز، المانجو...الخ.

حيث أن معظم الفواكه تكون ذات طعم أما حامضي أو حلو.

بينما في الخضروات ونتيجة وجود أيون الهيدروكسيل OH فإن الطعم يكون قلوي "أقرب إلى المرارة، أو الملوحة".

وفيما يلي أمثلة على المواد المضافة لبعض المنتجات حسب المواصفات القياسية الأردنية

1- المواد المضافة المسموح باستخدامها في صناعة المخللات:

الأجزاء النباتية الصالحة للاستهلاك البشري (ثمار، أوراق، سيقان، جذور، نورات) المستخدمة في التخليل يجب أن تطبق الاشتراطات التالية:

1. أن تكون ذات نضج ملائم.
2. أن تكون مناسبة للتخليل.
3. أن تخلو من الأجزاء المتليفة والجيوب الغازية.
4. أن تخلو من الإصابات الفطرية والحشرية أو أجزائها أو بيضها.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5. أن تخلو من الطين والرمل.

ومن الأنواع الصالحة للتخليل ما يلي: الخيار، الفلفل، الباذنجان، الثوم، البصل، الجزر، اللفت، الشمندر، الملفوف، الزيتون، الزهرة (القرنبيط) وغيرها.

الماء الصالح للشرب والمطابق للمواصفات الخاصة به.

ملح الطعام على أن يطابق المواصفة القياسية الأردنية رقم 32/ 1977.

السكر على أن يطابق المواصفة القياسية الأردنية رقم 18/ 1977.

التوابل والبهارات كالقرنفل والفلفل الأسود والقرفة وجوز الطيب والكـرفس والكسبرة وغيرها على أن تطابق المواصفات الخاصة بها.

الخل والمستردة: المطابقين للمواصفات القياسية الخاصة بكل منهما.

الزيوت النباتية المطابقة للمواصفات الخاصة بكل منها، كزيت الزيتون وزيت القطن.

يجوز استخدام بعض أنواع من المكسرات كالجوز والصنوبر...الخ.

أ- الإضافات الغذائية:

يسمح بالإضافات الغذائية الواردة أدناه وبالنسب المحددة لكل منها:

عوامل تسهيل الإذابة والانتشار	الحد الأعلى المسموح به
بولي سوربات 80 (بولي أوكسي تيلين/ 20 سوربيتان مونواولييات) صمغ الكزانثان صمغ التراجاكانث الصمغ العربي الألجينات الكارجينان	500 ملغم/ كغم بشكل منفرد أو متحدة
عوامل التثبيت	**الحد الأعلى المسموح به**
كبريتات الألومنيوم البوتاسية كبريتات الألومنيوم	

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

كبريتات الألومنيوم الصوديومية كلوريد الكالسيوم	250 مليغم/ كغم
المواد الحافظة	**الحد الأعلى المسموح به**
ثاني أكسيد الكبريت (مصدره من المواد الخام أساساً) حامض البنزويك أو أملاحه من الصوديوم والبوتاسيوم سوربات البوتاسيوم	50 مليغم/ كغم 1000 مليغم/ كغم منفردة أو متحدة

المواد الملونة	**الحد الأعلى المسموح به**
الأخضر الثابت FCF الكلوروفيلات تارترازين (19140) Oleoresin of Turneric (Turneric) أصفر غروب الشمس (15985) بيتا كاروتين Leoresin of paprika الأزرق اللامع FCF (42090) الكارامل	جميع الألوان الواردة سواء أضيفت بشكل منفرد أو متحد يجب أن لا تزيد عن 300 مليغم/ كغم جميع الألوان الواردة سواء بشكل منفرد أو متحدة يجب ألا تزيد عن 300 مليغم/ كغم
المواد المثخنة	**الحد الأعلى المسموح به**
النشا المعدل صمغ الكرانثان الكارجينات البكتين صمغ التراجاكانت صمغ الجواد والصمغ العربي كربوكسي مثيل سليولوز صمغ قرون الخروب	تحدد بممارسة طرق التصنيع السليمة
مواد التحميض (المسببة للحموضة)	**الحد الأعلى المسموح به**
حامض الخليك	تحدد بممارسة طرق التصنيع السليمة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

حامض اللاكتيك حامض الماليك حامض الستريك حامض الطرطريك	

المنكهات

المنكهات الطبيعية والمنكهات الطبيعية المخلقة المذكورة في الكودكس اليمنتاريوس تحدد بممارسة طرق التصنيع السليمة.

2- المواد المسموح بإضافتها لملح الطعام

يسمح بالإضافات التالية بشرط أن تكون من الدرجة الغذائية Food Grade ويجب أن تكون المواد المضافة موزعة بصورة متجانسة في جميع أجزاء المنتج النهائي:

مواد مانعة للتكتل	الحد الأعلى المسموح به في المنتج النهائي
مواد مغلفة وتشمل: • كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم • أكسيد المغنيسيوم • فوسفات ثلاثي الكالسيوم • ثاني أكسيد السيلكون غير المتبلور • سليكات كل من الكالسيوم، أو المغنيسيوم، أو الصوديوم الألومينية، أو كالسيوم صوديوم الألومينية. مواد مغلقة مانعة للرطوبة وتشمل: • أملاح الألمنيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والبوتاسيوم أو الصوديوم لأحماض الميرستك،	20 غ / كغ منفردة أو مجتمعة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

والبالمتيك أو الستريك.	
محسنات البلورة:	10مغ/ كغ* منفردة أو مجتمع مقدرة على أساس $[Fe(CN)_6]^{4-}$
سيانيدا لحديدوز Ferrocyanides للكالسيوم، والبوتاسيوم* أو الصوديوم.	
مواد مستحلبة:	
متعدد السوربات 80	10 مغ/ كغ
مواد مساعدة للتصنيع:	□
ثنائي مثيل عديد السيلوكسان	10□ مغ من المتبقي/ كغ

3- المواد المسموح بإضافتها للبن الرائب

المطعمات

- مطعمات طبيعية أو مواد مطعمة طبيعية.
- مطعمات مطابقة للمواد المطعمة الطبيعية أو مواد مطعمة مطابقة للطبيعية.
- مواد مطعمة اصطناعية مسموح باستخدامها.

المواد الملونة المسموح بإضافتها:

اللون		العدد	الحد الأقصى (ملغم/ كغم)
تارترازين	Tartrazine	08231	18ملغم/ كغم
أصفر غروب الشمس	Sunset yellow FCF	08230	12 ملغم/ كغم
ارثيروسين	Erythrosine BS	08147	27 ملغم/ كغم
انديجوتين	Indigotine□	08176	6 ملغم/ كغم
كراميل بطريقة كبريتيت الأمونيا		08043	150ملغم/ كغم
	Caramel colour Aononia-Sulfite Process□	□	
كراميل سادة	Caramel colour plain□	08041	150ملغم/ كغم

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

بونسوا	Ronceau R□	08205	48ملغم/ كغم
أزرق لامع	Brilliantblue FCF□	08035	-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المثبتات المسموح بإضافتها:

المثبت		العدد	الحد الأقصى (ملغم/ كغم)
صمغ الكزانتان	Xanthan gum	00722	-
الصمغ العربي	Arabic gum	00058	
صمغ الجوار	Guar-gum	00326	
آجار	A GAR	00017	
الكارجينان	Carrageenan	00160	5000 ملغم/ كغم منفردة أو متحدة
كاربوكسي ميثل سليلوز الصوديومي	Sodium Carboxy Methyl cellulose	00603	
فورسيلارن	Furcellaran	00293	
الجينات البوتاسيوم	Potassium Aglnats	00516	
الجينات الصوديوم	Sodium Alginates	00594	
الجينات الكالسيوم	Calcium Alginates	00106	
الجينات الأمونيوم	Amanium Alginates	00040	
الجينات البروبلين جلايكول	Alginate Proplen glycol	00566	
صمغ قرون الخروب	Carob beangum	00159	
صمغ تراجاكانث	Tragacanthgum	00696	
بكتين مؤصد	Pectin (Amidated)	00477	10غم/ كغم منفردة أو
بكتين غير مؤصد	(Pectin (non Amidated)	00478	متحدة مع بعضها فقط
الجيلاتين الصالح للأكل	Gelatine edible	00297	10غم/ كغم منفردا
النشا والنشا المعدل *	Staches and modify modifiel starches		10غم/ كغم منفردا

* الواردة في: نشرة لنظام قوائم الإضافات الأغذية المعد من قبل اللجنة المشتركة من منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية.

FAO/WHO food additives data system

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

FAO 1984.

المواد الحافظة المسموح باستخدامها:

المـــــادة		العدد	الحد الأقصى (ملغم/ كغم)
حامض السوربيك	Sorbic Acid	00651	
سوربات الصوديوم	Sodium sorbate	001632	*...
سوربات الكالسوم	Caleium Sorbate	00142	50 ملغم/ كغم منفردة أو متحدة
سوبات البوتاسيوم	Potassium Sorbate	00550	
ثاني أكسيد الكبريت	Sulfuredioxide	00678	
حامض البنزويك	Benzoic Acid	00080	

* وهو الحد الأقصى المسموح به في مواصفات الكودكس الخاصة بالفواكه ومنتجات الفواكه.

4- المواد المسموح بإضافتها لصلصة البندورة الحديثة (الكاتشب)

يسمح بالإضافات الغذائية التالية لأغراض ضبط الرقم الهيدروجيني الـ PH للمنتج.

اسم الإضافة الغذائية	الحد الأقصى للاستعمال
• كربونات أو بيكربونات الصويوم • حامض الليمون (الستريك) • حامض الماليك • حامض الطرطريك اليساري • حامض اللاكتيك	بأي كمية لرفع الرقم الهيدروجيني عند مستوى لا يزيد على 4.3. بأي كمية لضبط الرقم الهيدروجيني عند مستوى لا يزيد على 4.3

5- المواد المسموح بإضافاتها لزيت بذورة القطن المعد للطعام

الألوان

الألوان التالية مسموح بها بغرض الحفاظ على الفقد في اللون الطبيعي أثناء التصنيع أو بغرض ضبط اللون وذلك طالما لا تؤدي هذه الإضافة إلى

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تضليل المستهلك عن طريق إخفاء التلف أو العيوب أو إظهار الناتج في قيمة أعلى من قيمته الحقيقية.

الألوان المسموح بها	الحد الأقصى المسموح به
• بيتا كاروتين	غير محدود
• اناتو	غير محدود
• كركومين	غير محدود
• كانتا كسانتين	غير محدود
• بيتا-ابو-8 كاروتينال	غير محدود
• استرات ميثيل وايثيل بيتا-ابو8-حامض الكاروتنيك	غير محدود

مكسبات الرائحة (المنكهات):

مكسبات الرائحة الطبيعية وبدائلها التخليقية-فيما عدا تلك التي تمثل المواد الخطرة السامة- وغيرها من مكسبات الرائحة التخليقية المعتمدة من لجنة دستور الأغذية مسموح بها بغرض الحفاظ على الفقد في مكسبات الرائحة الطبيعية أثناء التصنيع أو بغرض ضبط مكسبات الرائحة وذلك طالما لا تؤدي هذه الإضافة إلى تضليل المستهلك عن طريق إخفاء التلف أو العيوب أو إظهار الناتج في قيمة أعلى من قيمته الحقيقية.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مضادات الأكسدة	الحد الأقصى المسموح به
• بروبيل، اوكتيل، ودويسيل جالات	100مغم / كغم بصفة فردية أو متحدة
• هيدروكسي انيسول بيوتيلي (BHA) هيدروكسي تولين بيوتيلي (BHT)	200ملغم/ كغم بصفة فردية أو متحدة
• أي اتحاد من الجالات مع (BHA) أو (BHT) أو كلاهما	200ملغم/ كغم بحيث لا تزيد الجالات على 100ملغم/ كغم.
• اسكوربيل باليتات	200ملغم/ كغم بصفة فردية أو متحدة
• اسكوربيل ستيارات	
• توكوفيرولات طبيعية وتخليقية	غير محدود
• ثنائي لوريل ثنائي بروبيونيت كبريتي	200ملغم/ كغم
مضادات الأكسدة المساعدة	
• حامض الستريك	غير محدود
• سترات الصوديوم	غير محدود
• مخلوط سترات الأيزوبروبيل • سترات أحادي الجليسريد	100ملغم/ كغم بصفة فردية أو متحدة
• حامض الفوسفوريك	

عامل مضاد للرغوة

ثنائي ميثيل عديد السيلوكسان (مرادف ثنائي ميثيل السيليكون) منفردا أو متحدا مع ثاني أكسيد السيليكون * 10ملغم/ كغم.

مانع التبلر

اكسي ستيارين* 1250 ملغم/ كغم.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المراجع

المراجع العربية:

1- ساجدي، عادل جورج، ورفيقه، 1982. كيمياء الأغذية، جامعة الموصل، العراق.

2- دلالي، باسل كامل ورفيقه، 1985، كيمياء الأغذية، وزارة التعليم العالي، بغداد- العراق.

3- امبري ودبي ترجمة الجنابي، أحمد سليمان، 1984. مقدمة في كيمياء الحياة، جامعة البصرة، العراق.

4- مزاهرة، أيمن، 2000. الصناعات الغذائية، دار الشروق، عمان- الأردن.

5- شوابكة، علي ورفاقه، 2001. الكيمياء الحيوية، دار اليازري، عمان-الأردن.

6- مزاهرة، أيمن ورفيقته، 2004. أساسيات الكيمياء العضوية، دار المناهج، عمان-الأردن.

7- مزاهرة، أيمن، 2000. تغذية الإ نسان، دار الخليج، عمان-الأردن.

8- مزاهرة، أيمن، 2005. الكيمياء الحيوية العملي، دار جهينة، عمان-الأردن.

9- مزاهرة، أيمن، 2001. الطهو التجريبي، دار الشروق، عمان-الأردن.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المراجع الأجنبية:

1. Allen, J.,C., Hamitton, R., 1983. Ranaidty in Foods. Applied Science Publishers, London.

2. Bhat, R.V.,Vemula, S.R., Pokkunuri, y., 1995. Food Born Disease Outbreak Due to Consumption of Rancid Biscuit., Journal of Toxicology Clinical Toxicology, U.S.A, 33(3): 219-222.

3. Hmilton, R.,J., 1995. Development in Oils Fats. London.

4. Manely, D., 1991. Technology of Biscuits Cracke and Cookies, Second Edition. Ellis Horwood Linited, England.

5. Smolin, L.,A., Crosvenor, M.B., 1994. Nutrition Science and Application. Saunders College publishing U.S.A.

6. Matz, S.A., 1968. Cooke and Craker Technology. Avi publishing Co. U.S.A.

7. W.H.O, 1972. A Review Of The Technolical Efficiency of Some Antioixdant and Synergists. W.H.O.

8. Meyer, L., 1982. Food Chemistry. Renaldo, New York.

9. Deman, J.M. 1980. Principles of Food Chemistry, West Port.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com